



VNiVERSiDAD
D SALAMANCA



Universidad de Valladolid

Geotecnologías Cartográficas en Ingeniería y Arquitectura

PROYECTO FIN DE MÁSTER



LEVANTAMIENTO LÁSER Y MODELIZACIÓN DE LA IGLESIA DE SAN MARTÍN (SEGOVIA)



AUTORA: Mireia Gorrotxategi Elozegi

TUTOR: Diego González Aguilera

FECHA: 2 de Julio del 2010 - Curso académico 2009/2010

PRESENTACIÓN

*En esta memoria se pretende exponer el proceso de trabajo seguido en la realización de este proyecto fin de máster, donde se ha realizado el **levantamiento mediante láser escáner 3D** de la Iglesia de San Martín, situado en la Plaza Juan Bravo, en el casco histórico de Segovia, así como de un recorrido circular realizado en las calles cercanas a ella para llegar hasta el Museo de la Judería, situado en la calle Judería Vieja.*

*Después de la toma de datos se ha llevado a cabo un proceso de **edición de los datos** obtenidos, generando diferentes modelos de nubes de puntos, y prosiguiendo con el **proceso de generación de productos derivados**, tales como planos técnicos, modelos sólidos o diferentes videos para mostrar el recorrido documentado.*

Al final de la memoria se exponen los resultados obtenidos, así como las conclusiones obtenidas, tanto de la valoración de los productos generados como del proceso de trabajo seguido.

ÍNDICE

MEMORIA

1- Introducción **pag.1**

1.1 Descripción del proyecto	pag.2
1.2 Contexto del proyecto	pag.3
1.3 Objetivos del proyecto	pag.4

2- Toma de datos en campo **pag.5**

2.0 Nociones básicas del funcionamiento del escáner FARO Photon Laser Scanner y el software de FARO	pag.6
2.0.1 El escáner FARO Photon Laser Scanner	pag.6
2.0.2 El programa FARO Scene 4.6.....	pag.7
2.0.2 El programa FARO Record Mobile	pag.8
2.1 Planificación de la toma de datos	pag.9
2.1.1 Elección de las estaciones de escaneo	pag.9
2.1.2 Colocación de las esferas	pag.10
2.2 Montaje del aparato	pag.11
2.3 Configuración de los parámetros de escaneo	pag.15
2.3.1 Con el programa FARO Scene, con cable	pag.15
2.3.2 Con el programa FARO Record Mobile, con bluetooth	pag.16
2.4 Escaneo y toma de fotografías	pag.17
2.4.1 Con el programa FARO Scene, con cable	pag.17
2.4.2 Con el programa FARO Record Mobile, con bluetooth	pag.18
2.5 Guardado y comprobación de los datos	pag.19
2.6 Apagado del escáner	pag.19

3.0 Nociones básicas del programa FARO Scene 4.6	pag.22
3.0.1 El interface del programa	pag.22
3.0.2 Estructura de archivos	pag.23
3.0.3 Visualización de los escaneos	pag.23
3.1 Comprobar los ficheros de escaneo y aplicar el filtro de eliminación de ruido	pag.25
3.2 Colorear la nube de puntos y corregir los errores que se han ocasionado	pag.26
3.2.1 Aplicar las imágenes a la nube de puntos	pag.26
3.2.2 Corrección horizontal de las imágenes	pag.27
3.3 Registro de escaneos	pag.29
3.3.1 Definición de objetos de referencia	pag.30
3.3.2 Definición de objetos de referencia homólogos en los diferentes escaneos	pag.32
3.3.3 Registro de escaneos contiguos	pag.33
3.3.4 Registro de agrupamientos	pag.34
3.3.5 Reducir las nubes de puntos	pag.35
3.4 Generación del modelo	pag.37
3.4.1 Orientación de las nubes de puntos originales	pag.37
3.4.2 Depuración de las nubes de puntos	pag.38
3.4.3 Generación del modelo de la iglesia y del entorno	pag.39

4.1 Generación de Planos Técnicos	pag.42
4.1.1 Definición de un nuevo sistema de referencia	pag.43
4.1.2 Generación de Alzados	pag.46
4.1.2.1 Proceso de generación de ortoalzados con diferentes programas	pag.46
4.1.2.2 Resultados obtenidos para las ortoimágenes con los diferentes programas	pag.49
4.1.2.3 Metodología utilizada para generar planos de alzados	pag.50

4.1.3 Generación de Plantas	pag.51
4.1.3.1 Generación de la planta de la iglesia	pag.51
4.1.3.2 Generación de la planta de cubiertas	pag.56
4.2 Modelización	pag.57
4.2.1 Mallado del modelo de la iglesia	pag.58
4.2.1.1 Proceso de mallado con diferentes programas y los resultado obtenidos.....	pag.58
4.2.1.2 Metodología utilizada para generar el modelo sólido de la iglesia	pag.62
<u>5- Valoración de los resultados obtenidos y conclusiones</u>	<u>pag.63</u>
5.1 Valoración de los resultados obtenidos	pag.64
· El modelo de nube de puntos de la iglesia	pag.64
· La ortoimágenes de las fachadas de la iglesia	pag.64
· Planos técnicos de la iglesia	pag.65
· El modelo sólido de la iglesia	pag.65
5.2 Conclusiones	pag.66
· Conclusiones referentes a la metodología de trabajo seguida	pag.66
· Conclusiones referentes a la utilización del escáner de FARO	pag.67
<u>6- Bibliografía</u>	<u>pag.69</u>
<u>7- Agradecimientos</u>	<u>pag.71</u>

ANEXOS

1- Especificaciones técnicas del instrumental utilizado

pag.75

- El láser escáner FARO Photon Laser Scanner
- Cámara fotográfica Nikon D-200

2- Anexo Digital

pag.81

- Modelo de Nube de puntos de la Iglesia de San Martín
- Modelo de Nube de puntos del recorrido documentado
- Planos técnicos de la iglesia de San Martín
- Modelo sólido de la Iglesia de San Martín

MEMORIA

① INTRODUCCIÓN

En el apartado de introducción se pretende realizar una primera presentación del proyecto realizado y que se detalla fase a fase en los siguientes apartados de esta memoria.

Para ello, se hará una descripción general del proyecto, donde se especifican los trabajos realizados, las fases que conforman el proyecto y los resultados buscados. Además, se explicará el contexto en el que se sitúa el proyecto, y de donde surge la propuesta de llevarlo a cabo, así como los objetivos que se ha planteado satisfacer.

1.1 Descripción del proyecto

El proyecto, tal y como el nombre indica, consiste en llevar a cabo el levantamiento mediante láser escáner 3D y el modelado de la iglesia de San Martín, en el casco viejo de Segovia, así como el levantamiento láser de un recorrido por las calles cercanas al mismo.

Las fases de trabajo que conforman el proyecto son las siguientes:

- 1- Toma de datos en campo
- 2- Edición de los datos de campo
- 3- Obtención de productos derivados.

La primera de ellas consiste en realizar el **levantamiento láser** de la Iglesia de San Martín, sus alrededores, el museo de la judería y el recorrido circular desde la Iglesia hasta el museo, yendo por la calle Juan Bravo y la calle de la Judería Vieja, y volviendo por el Paseo del Salón, tal y como se muestra en la siguiente imagen:



Imagen 1: vista aérea de la zona documentada

La segunda fase consiste en la **edición de los datos obtenidos en campo**, operaciones tales como colorear la nube de puntos, llevar a cabo el registro de los escaneos y orientación y depuración de las nubes de puntos, para obtener los productos del modelo de la iglesia y del recorrido documentados.

La última fase consiste en, partiendo del modelo formado por las nubes de puntos, **generar productos derivados de alta calidad**, tales como planos técnicos (plantas, alzados y ortoalzados), el modelo sólido del edificio o diferentes videos para mostrar el recorrido documentado.

1.2 Contexto del proyecto

La propuesta de realizar este proyecto viene por parte de la Universidad de Valladolid, en concreto del grupo **LFA-DAVAP** (*Laboratorio de Fotogrametría Arquitectónica - Documentación, Análisis y Visualización Avanzada del Patrimonio*), que actualmente está trabajando en el **Proyecto Patrac** de Patrimonio Accesible. En este proyecto están siguiendo dos líneas de investigación: en la primera de ellas se pretende generar un SIG donde incluir información referente a la accesibilidad, entre otros, en el casco histórico de Segovia. En la segunda de ellas, tienen como objetivo desarrollar una aplicación interactiva donde interactuar con personajes en el mismo escenario.

En este proyecto, por tanto, se ha realizado la documentación necesaria, mediante la aplicación de la tecnología del láser escáner 3D, para obtener la base gráfica necesaria en ambas líneas del proyecto, obteniendo para ello modelos de nube de puntos de diferente resolución. Además, hay que mencionar que la obtención de productos derivados también se ha llevado a cabo siguiendo las dos líneas trabajo (por dos alumnos diferentes), ya que los productos también van dirigidas a diferentes aplicaciones:

- **Línea de Accesibilidad:**

Consiste en procesar el modelo de nube de puntos a baja resolución para pasar del modelo de nube de puntos al modelo CAD.

- **Línea de Arquitectura:**

Consiste en procesar el modelo de nube de puntos a máxima resolución para obtener productos derivados propios de la arquitectura (ortofotos, plantas, alzados y secciones del edificio).

En esta memoria se incluyen únicamente las explicaciones referentes a la generación de productos derivados de arquitectura, de forma que la obtención del resto de los productos derivados se podrá consultar, de forma complementaria, en la memoria del Proyecto Fin de Máster presentado por el alumno del Máster de Geotecnologías Cartográficas en Ingeniería y Arquitectura, *David Martín Abad*, en este mismo curso académico.

Por último, mencionar que tanto el instrumental utilizado como el software de procesamiento de datos lo ha proporcionado la Escuela Politécnica Superior de Ávila (Universidad de Salamanca), mientras que la financiación del proyecto ha venido por parte de la Universidad de Valladolid.

1.3 Objetivos del proyecto

Los principales objetivos que se han marcado en este proyecto son los siguientes:

- Obtener el modelo de la Iglesia de San Martín y del recorrido definido por las calles del casco viejo de Segovia, que sirva como base gráfica para el SIG y para desarrollar la aplicación interactiva en el que está trabajando la Universidad de Valladolid.
- Generar productos cartográficos como modelos sólidos 3D, plantas, alzados, secciones y ortofotos a partir de la integración del laser escáner y la cámara fotográfica digital.
- Testear y estudiar las diferentes herramientas de trabajo disponibles (principalmente los diferentes software) y los diferentes procedimientos posibles para desarrollar un proyecto mediante laser escáner. Como resultado, se pretende desarrollando un pequeño manual donde se describan detalladamente los pasos seguidos en cada fase.
- Como objetivo personal, se plantea el aprender a utilizar el instrumental y el software empleados para desarrollar proyectos de estas características. Además, se pretende estudiar las opciones que ofrece esta metodología de trabajo, y evaluar las ventajas o beneficios, así como los problemas, limitaciones y desventajas que presenta.

② TOMA DE DATOS EN CAMPO

La toma de datos en campo se ha llevado a cabo durante cinco días: 1, 2, 4, 24 y 25 del mes de Marzo del 2010.

Durante estos días se han realizado un total de 79 escaneos alrededor de la Iglesia de San Martín (desde la plaza y las calles que lo rodean, así como desde varios edificios del entorno) y las calles que llevan desde la Plaza de Juan Bravo hasta el museo de la Judería, tanto por el Paseo del Salón de Isabel II como por la calle Juan Bravo y la calle de la Judería Vieja.

Los pasos seguidos en la toma de datos en campo se muestran en el siguiente esquema:

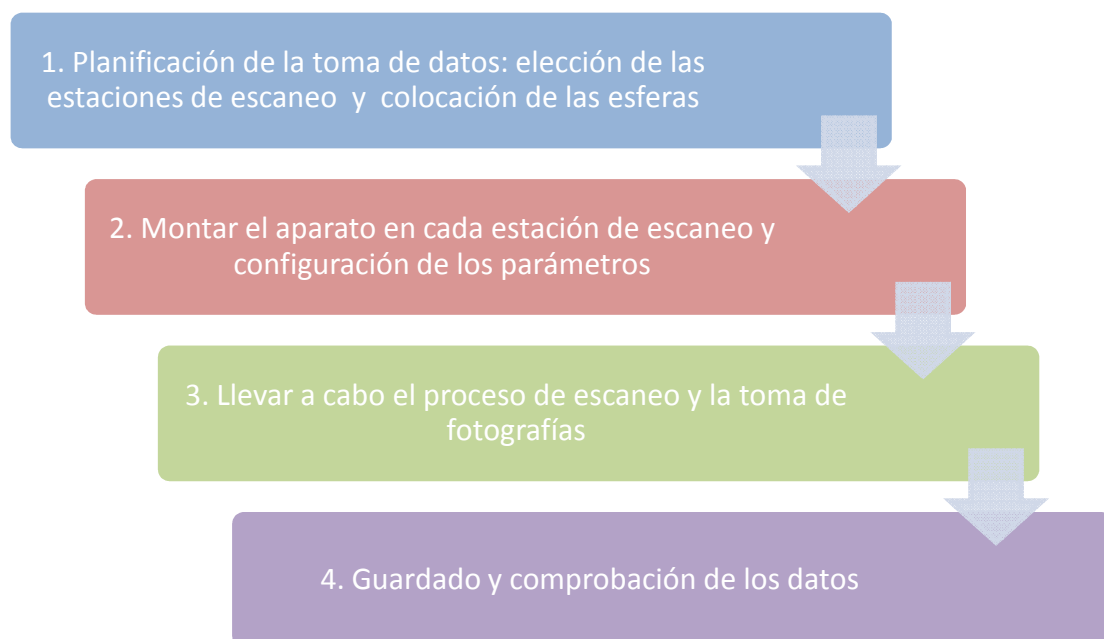


Imagen 2: esquema de trabajo seguido en la toma de datos

En este apartado de la memoria se explicarán detalladamente los pasos incluidos en el esquema anterior, así como unas nociones básicas sobre el instrumental utilizado.

2.0 Nociones básicas del funcionamiento del escáner FARO Photon Laser Scanner y el software de FARO

En este apartado se explican brevemente algunas nociones básicas sobre el funcionamiento del instrumental utilizado, con la finalidad de que los procesos que se explican a continuación se comprendan correctamente.

2.0.1 El escáner FARO Photon Laser Scanner

El escáner *FARO Photon Laser Scanner* es un escáner con un área de escaneo horizontal de 360° y un área de escaneo vertical de 140° (con una zona “ciega” de 40° en la base).

Trabaja en el infrarrojo cercano, con una longitud de onda de 785nm, a una velocidad de medición de 976.000 puntos por segundo y con un alcance desde 60cm hasta los 120m. Además, ofrece la opción de completar el escaneo con la toma de fotografías utilizando una cámara de alta calidad, y obtener así un escaneo con color (en el *Anexo 1* pueden consultarse las características técnicas tanto del escáner como de la cámara utilizadas).

El equipo está formado por los siguientes componentes:



- El escáner
- La batería
- La base niveladora
- El trípode
- El cable de alimentación y transmisión de datos del escáner
- Caja de empalme del escáner
- Fuente de alimentación eléctrica con cable
- Cable Ethernet
- Soporte para la cámara
- Cámara Fotográfica
- Gafas de protección contra radiación láser
- Ordenador portátil o PDA
- Generador

Imagen 3: El escáner FARO Photon Laser Scanner

El medio de comunicación entre el escáner y el usuario es a través del programa *FARO Record* o *FARO Scene*, bien mediante PC o bien mediante PDA. En él se especifican en todo momento las operaciones que el escáner está realizando, los problemas que encuentra o las operaciones que requiere que realice el usuario.

Además, será mediante este programa como el usuario configurará los parámetros del escaneo (almacenamiento de la información, área de escaneo, parámetros de la cámara, etc.), así como el modo de trabajo (con color o sin color), y las operaciones a realizar por el escáner (como iniciar o detener el escaneo).

2.0.2 El programa FARO Scene 4.6

FARO Scene es un software diseñado especialmente para el *FARO Photon Laser Scanner*. A través de este programa el usuario puede manejar los escaneos realizados de manera sencilla, debido a las funciones automáticas que incluye, como el reconocimiento de objetos.

El interface del programa cuenta con varios apartados:

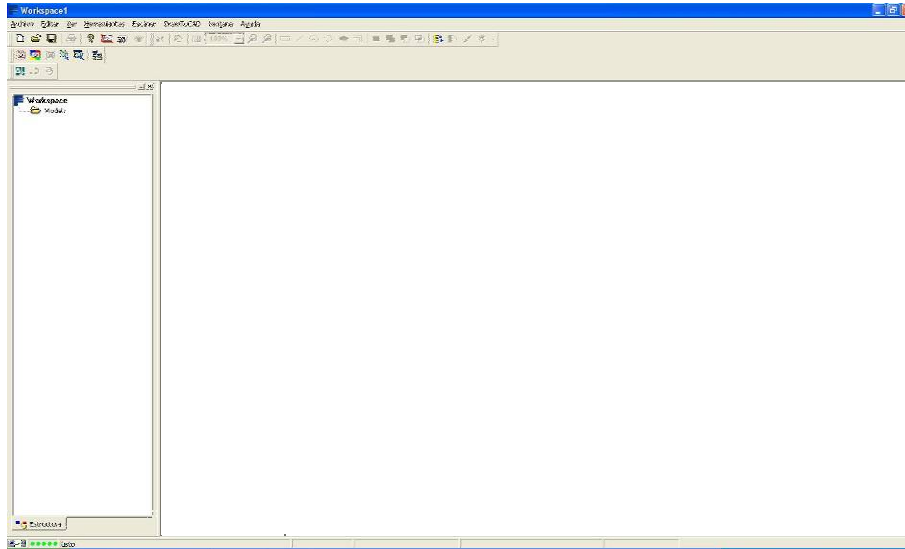


Imagen 4: el interface del programa FARO Scene 4.6

- La barra de menús: en él se encuentran todas las herramientas disponibles.
- Las barras de herramientas: con accesos directos a las herramientas más utilizadas.
- La vista de estructura del proyecto: donde se muestran los elementos, objetos, etc. que forman parte del proyecto activo.
- El visor: donde se visualizan las nubes de puntos, imágenes, etc. de diferentes formas (vista 3D, vista planar, etc.)
- La barra de estado: donde se indica el estado de la conexión del ordenador con el escáner, el estado del escáner, así como diferentes mensajes de información.

2.0.3 El programa FARO Record Mobile

Al programa *FARO Record Mobile* se accede por internet, mediante un navegador. El programa está estructurado en diferentes pestañas, donde se configuran los diferentes parámetros del escaneo, se dan las órdenes de inicio de los escaneos y se accede a los datos almacenados en el escáner.



Imagen 5: la distribución en forma de pestañas del programa FARO Record Mobile

- Scan: en esta pestaña es donde se dan las órdenes de inicio y de detener el escaneo, y se sigue el proceso mediante una barra de estado.
- Settings: en esta pestaña se configuran los parámetros del escaneo, tales como el área de escaneo, la resolución o la compresión del fichero de salida generado.
- Color: en esta pestaña se configura la posición de la cámara, y a diferencia de los otros programas, es aquí donde se indica si el escaneo se realizará con color.
- Project: en esta pestaña se especifican las propiedades del proyecto, tales como autor, organización, etc.
- Operator: en esta pestaña es posible incorporar información sobre el operador que está realizando el trabajo, y otros datos similares.
- Storage: en esta pestaña se configuran el nombre del escaneo y la numeración que se van a utilizar para nombrar los ficheros de salida de datos.
- Scans: en esta pestaña es donde se pueden consultar, descargar y eliminar los escaneos que están almacenados en el escáner.

2.1 Planificación de la toma de datos

En la planificación de las tomas se deben realizar dos procesos: la elección de las estaciones de escaneo y la colocación de las esferas, en caso de utilizarlas.

2.1.1 Elección de las estaciones de escaneo

En la elección de las estaciones de escaneo se han tenido en cuenta principalmente dos cuestiones:

- Que no quedarán sombras u ocultaciones después de unir todos los escaneos, es decir, que los elementos que no fuera posible escanear desde una estación quedaran cubiertas desde otras.
- Que hubiera elementos comunes entre escaneos contiguos, para poder unirlos después. Esto no ha resultado una condición muy problemática, ya que se han realizado, en la mayoría de los casos, escaneos de 360 grados, pero se han utilizado esferas en varios escaneos, para facilitar el proceso de registro en laboratorio.

En este proyecto ha sido necesario realizar un total de 79 escaneos: los 32 primeros para documentar la Iglesia de San Martín y su entorno, los 14 siguientes para documentar las calles Puerta de la Luna, el Paseo del Salón de Isabel II y la calle Puerta del Sol, los 17 siguientes para documentar las calles Juan Bravo y la Judería Vieja, y los 16 últimos para documentar la entrada y el interior del Museo de la Judería.

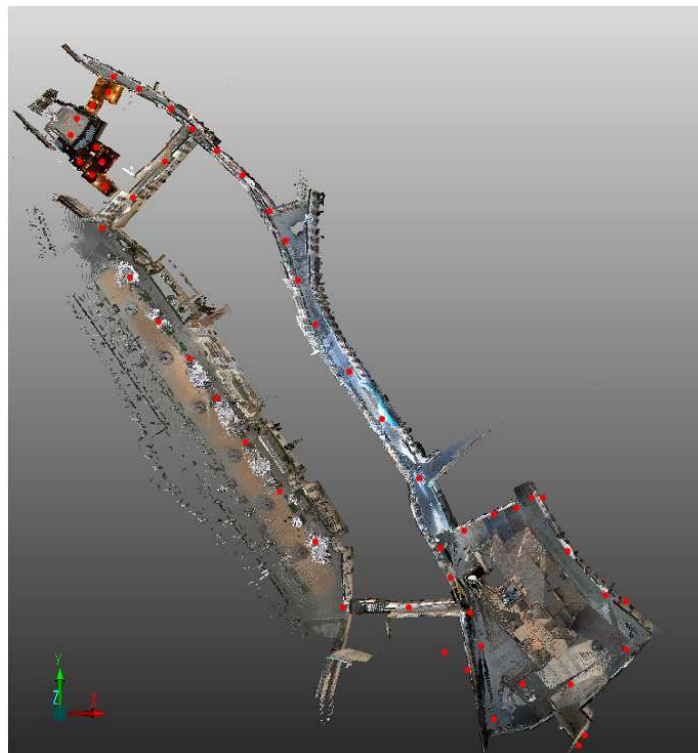


Imagen 6: vista aérea de la zona documentada, donde los puntos rojos indican, de forma aproximada, la localización de las estaciones de escaneo

2.1.2 Colocación de las esferas

Como se ha mencionado anteriormente, a la hora de decidir la ubicación de los escaneos es necesario considerar los elementos de referencia que se van a utilizar para llevar a cabo el registro de los escaneos en laboratorio. En cada escaneo debe haber al menos tres objetos de referencia en común con otros escaneos para poder calcular la orientación y posición que le corresponde mediante las herramientas que ofrece para ello el programa *FARO Scene 4.6*. Por esta razón, es común utilizar esferas que se colocan en el lugar del escaneo y que se miden desde diferentes escaneos, para que actúen como objetos de referencia bien definidos.

Por lo tanto, la localización y distribución que deben tener las esferas depende, además de la localización de las estaciones de escaneos, de la configuración con las que se llevarán a cabo, ya que dependiendo de la resolución utilizada, será posible identificar las esferas en la nube de puntos a mayor o a menor distancia.

En el caso de este proyecto, se han utilizado esferas únicamente en las tomas realizadas alrededor de la Iglesia de San Martín y en las tomas realizadas dentro del Museo de la Judería, ya que se ha considerado que en las tomas realizadas en las calles, más que ayudar, estorbarían por tener que estar pendientes de que la gente no las moviera o se las llevaran.



Imagen 7: uno de los escaneos realizados en el interior del Museo de la Judería, donde es posible ver las esferas utilizadas y su distribución

2.2 Montaje del aparato

Los pasos a seguir para montar el aparato se describen a continuación:

1. Colocar el trípode: se coloca el trípode con las patas bien abiertas, centrado en el punto desde el que se quiere realizar el escaneo. El trípode cuenta con un brazo extensible que se puede subir o bajar, para colocar la cámara en la altura correcta para la toma de las fotos, además de una pieza que permite girar el escáner una vez colocado, para poder orientarlo como conviene. El trípode también tiene un nivel esférico que sirve de ayuda a la hora de colocarlo y nivelarlo.

2. Colocar la batería: En caso de trabajar con batería, esta se coloca sobre el trípode, enroscándola a ella.

3. Colocar la base niveladora: La base niveladora se coloca sobre la batería, en caso de utilizarla, o sobre el propio trípode en caso contrario. Al igual que la batería, la base niveladora se enrosca para que quede sujeta.

4. Colocar el escáner y la cámara: el escáner se coloca sobre la base niveladora, de forma que queda sujeta en ella. El origen de medición de ángulos o ángulo cero del aparato se encuentra en el punto donde se conecta el cable azul de datos y alimentación, por lo que una vez colocado el escáner se puede girar para hacer coincidir el ángulo cero del mismo con la dirección que convenga.



Imagen 8: Puerto de conexión del cable de datos y almacenamiento

La cámara fotográfica se coloca sobre el escáner, con el soporte que proporciona el mismo, y puede colocarse en dos posiciones diferentes dependiendo del escaneo que se desea realizar: en horizontal o en montaje superior.



Imagen 9: El soporte de la cámara, en las diferentes posiciones que ofrece

Además, el soporte de la cámara permite cambiar la posición colocándolo sobre el espejo o el origen de las mediciones o apartándola para que no estorbe en el proceso de escaneo, tal y como se muestra en las siguientes imágenes:

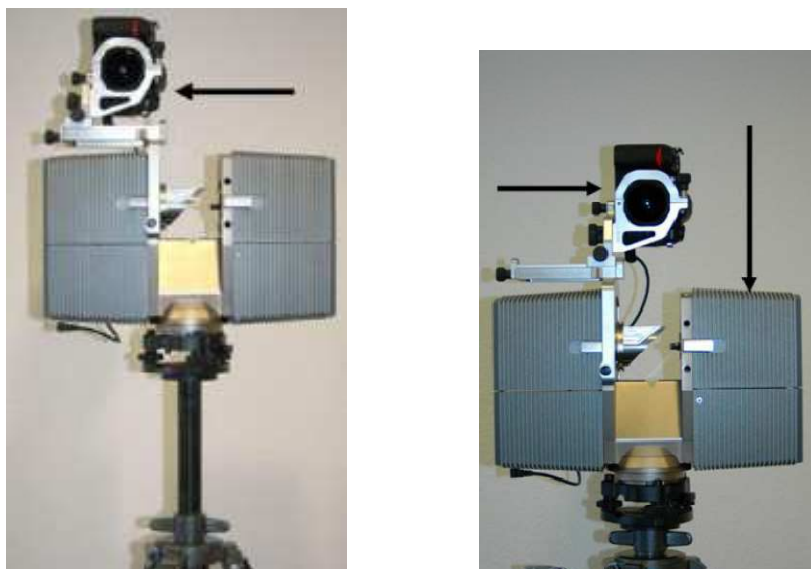


Imagen 10: Localización de la cámara, recogida (izquierda) y en posición para realizar la toma (derecha)

Este montaje, junto con el brazo extensible del trípode, permite colocar la cámara, una vez de que ya se ha realizado el escaneo, en el mismo punto desde el que se han llevado a cabo las mediciones. De esta forma, el punto de vista desde el que se ha realizado el escaneo coincidirá con el punto de vista desde el que se han tomado las imágenes, de modo que el proceso de aplicar las imágenes a la nube de puntos resulte automático.

La configuración de la cámara debe ser la siguiente: Modo de disparo en S (automático con prioridad a la obturación), la obturación y la apertura en modo manual, la calidad de la imagen en RAW, el balance de blancos fijo en modo K (es necesario definir la temperatura del entorno) y el enfoque en modo manual y enfocado al infinito.

La conexión entre la cámara y el escáner se realiza utilizando un cable USB, y es importante tener en cuenta que la cámara debe estar encendida y conectada con el escáner durante el proceso completo de escaneo.



Imagen 11: Puerto USB de conexión de la cámara

5. Conectar el escáner: el escáner cuenta con una conexión donde se conecta el cable de color azul de alimentación y datos. Dependiendo del modo de trabajo que se esté utilizando, este cable va a la batería o a la seta, donde se conecta el cable verde de Ethernet encargado de transmitir los datos al ordenador.

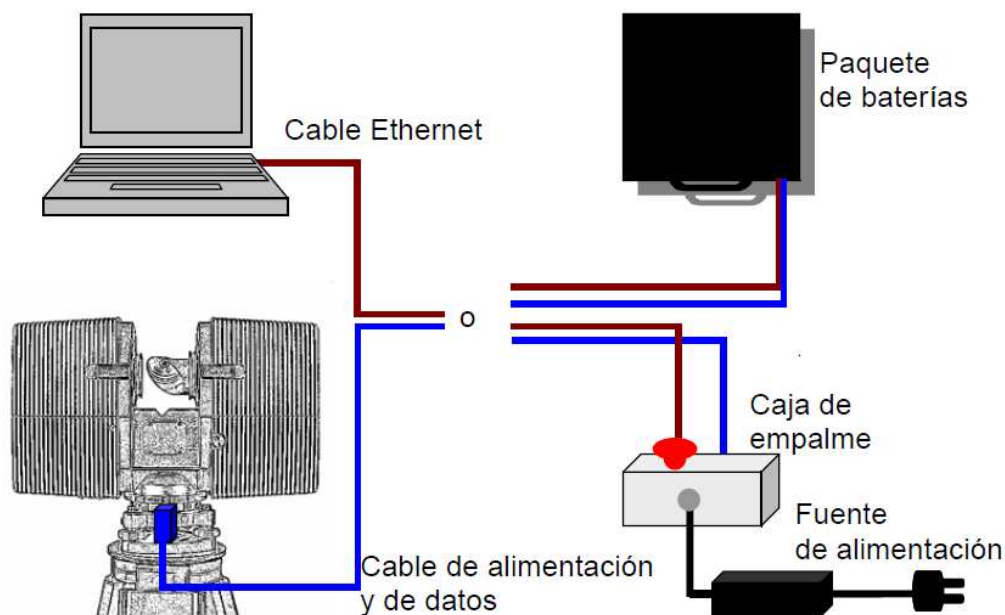


Imagen 12: Circuito de conexión del escáner

Por otro lado, el escáner cuenta con una conexión USB para trabajar con bluetooth en vez de utilizar el cable de Ethernet para la transmisión de datos.



Imagen 13: Puerto USB de conexión para el dispositivo bluetooth

6. Encender el aparato: Una vez conectados los cables y dispositivos se procede al encendido del escáner. Este proceso cuenta con diferentes fases que se indican con los LED que hay junto al botón de encendido que se deberá pulsar para encender el aparato:



Imagen 14: Los indicadores del proceso de encendido/apagado del instrumento

- Power: el indicador se pondrá en verde cuando le llegue alimentación al escáner, bien porque se ha activado la seta o bien porque se haya encendido la batería.
- PC: Cuando se enciende el escáner pulsando el botón de encendido (On/Off) primero se procede al procedimiento de arranque de la PC interna del escáner, lo que tarda un tiempo. En el proceso de encendido el indicador del PC parpadea, mientras que en el momento en que se enciende se quedará fijo con luz verde.
- Motor: Una vez encendida la PC se procede a la transferencia inicial de parámetros de los motores. Mientras esto ocurre el indicador de Motor parpadea con luz verde, y se quedará fijo cuando el motor de la base y el motor del espejo estén listos.
- Laser: el indicador del Laser indica si el láser del escáner está listo para utilizarse. Para desbloquear y activar el láser, es necesario girar la llave de seguridad del Laser colocándola en posición On.



Imagen 15: La llave de bloqueo/desbloqueo del láser


Una luz roja en la parte superior del escáner y el indicador del Láser fijo en color verde indican que el láser está desbloqueado y listo para utilizarse.

En el caso de este proyecto se ha trabajado en todos los modos posibles: tanto con batería y bluetooth, almacenando los datos en el disco duro del escáner, como con generador o fuente de alimentación, y utilizando el cable de Ethernet para transmitir y almacenar los datos en el ordenador. La elección ha dependido de las condiciones y lugar de escaneo.

2.3 Configuración de los parámetros de escaneo

La configuración de los parámetros del escaneo se hace mediante el programa propio del instrumento *FARO Record* o *FARO Scene* desde el ordenador, o con el programa *Faro Record Mobile* desde la PDA, dependiendo de la forma en que se esté trabajando en cada caso.

2.3.1 Con el programa FARO Scene, con cable

Para configurar los parámetros del escaneo se debe entrar en el menú *Configuración* . En él se abren varias pestañas, en las que se configuran diferentes dispositivos y opciones, entre otros:

- Almacenamiento: en esta pestaña se especifica el nombre del fichero de escaneo que se va a generar y su numeración, así como el lugar de almacenamiento (el mismo escáner o un equipo remoto como el ordenador) y la ruta.
- Cámara: en esta pestaña se especifica el modo de trabajo de la cámara y la posición en la que se ha colocado (horizontal o vertical).
- Área de escaneo: en esta pestaña se configura el área que abarcará el escaneo, así como la resolución o la densidad de puntos, y la compresión que tendrá el fichero generado.

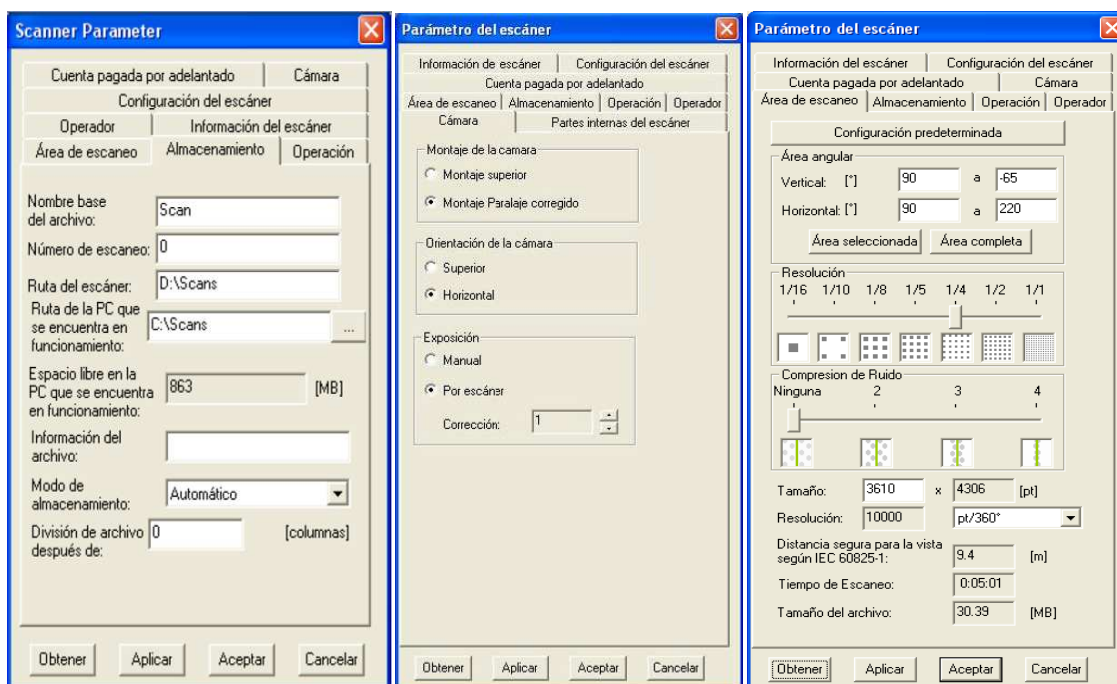


Imagen 16: Diferentes pantallas de configuración

2.3.2 Con el programa FARO Record Mobile, con bluetooth

Para configurar los parámetros del escaneo se debe acceder a la pestaña de *Settings*, donde se especifican parámetros tales como el área de escaneo o la resolución.

Para configurar los parámetros de color y de la cámara para el escaneo es necesario acceder a la pestaña de *Color*. En él se especifican parámetros tales como la posición de la cámara y si el escaneo se realizará en color.

Por último, el almacenamiento de los datos se configura en la pestaña de *Storage*, aunque en este caso, en caso de trabajar con bluetooth, es necesario almacenar los datos en el propio escáner, y por lo tanto, los parámetros a configurar serán el nombre y el numerador del escaneo.



En este proyecto, como ya se ha mencionado anteriormente, se ha trabajado utilizando los dos programas. Además, la configuración de los escaneos ha variado dependiendo de la zona a escanear, ya que en los escaneos realizados en la calle o en el interior del museo se han realizado tomas de 360 grados a resoluciones de 1/4 (1 punto cada 6mm a una distancia de 10m) o 1/8 (1 punto cada 12mm a una distancia de 10m), y en las tomas realizadas desde ventanas o balcones de edificios se han realizado tomas restringiendo el área de escaneos.

El lugar de almacenamiento de los datos también ha variado dependiendo del modo de trabajo que se ha utilizado en cada caso, ya que mientras durara la batería se ha trabajado con PDA, almacenando los datos en el propio escáner, pero cuando ha sido necesario utilizar el generador para obtener alimentación para el escáner se ha utilizado ordenador almacenando los datos en él para poder visualizar el proceso de escaneo en pantalla.

2.4 Escaneo y toma de fotografías

2.4.1 Con el programa FARO Scene, con cable

Una vez definidos los parámetros del escaneo, el modo de escaneo (con color o sin color) se indica mediante el botón de inicio de escaneo:

- Botón de escaneo con color: 
- Botón de escaneo sin color: 

El escáner empezará a escanear después de realizar las operaciones de calibración que realiza cada vez que se pone en marcha, y en el caso de que los datos se estén guardando en el ordenador será posible visualizar en la pantalla del programa el progreso del mismo.

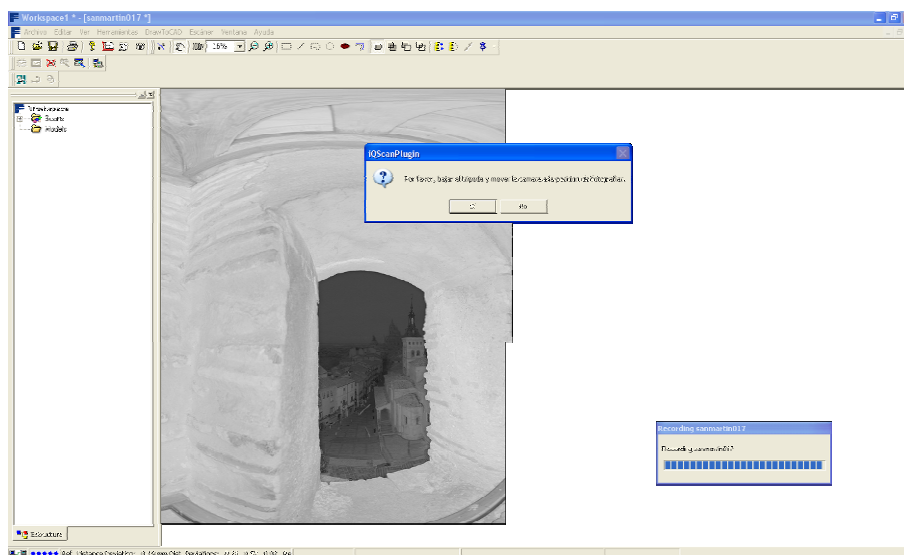


Imagen 17: Proceso de escaneo con el programa FARO Scene 4.6

En caso de haber seleccionado el modo de escaneo con color, cuando el escáner termine la toma de puntos mostrará un mensaje en la pantalla solicitando la colocación de la cámara en su sitio para proceder a la toma de fotografías:

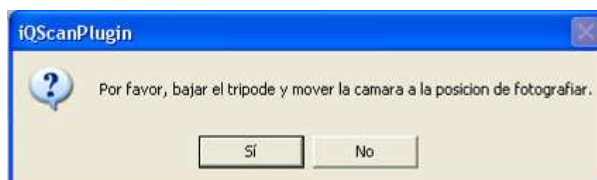


Imagen 18: Mensaje del programa FARO Scene 4.6

Cuando termine el proceso de toma de datos, el programa pasa a realizar las operaciones de almacenamiento de los datos. En caso de que se haya utilizado la cámara para la toma de fotografías, se indicará la finalización de la toma con un mensaje en la pantalla similar al anterior, en el que pide que se lleve la cámara a la posición de reposo y se suba el trípode.

2.4.2 Con el programa FARO Record Mobile, con bluetooth

Como ya se ha explicado anteriormente, la orden de inicio del escaneo se da desde la página de *Scan*, pulsando el botón “*Start Scan*”. El proceso puede seguirse mediante la barra de estado de la página, pero no es posible visualizar la información escaneada como en el caso de los otros programas.

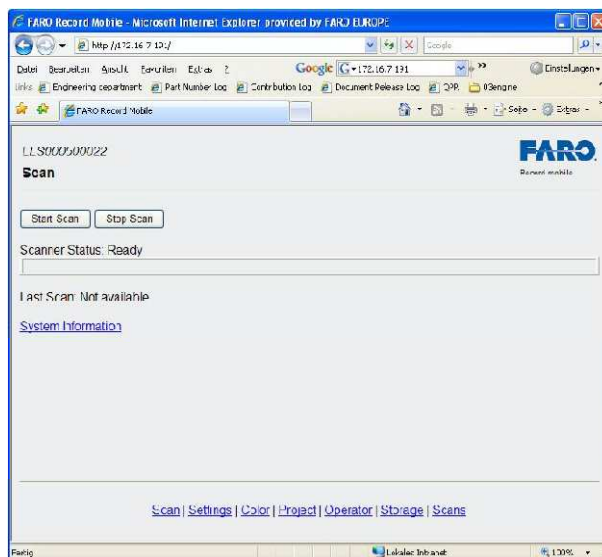


Imagen 19: Pantalla de escaneo con el programa FARO Record Mobile

Al igual que en el caso de los otros programas, si el escaneo se está realizando con color, cuando el escáner termine de escanear se indica que se coloque la cámara en posición de toma de fotos con un mensaje en esta misma pantalla.

En este proyecto todas las tomas se han realizado con color, de forma que después, en el proceso de edición de los datos de campo, el proceso de aplicar el color a las nubes de puntos pudiera realizarse automáticamente.

Hay que mencionar que, por esta razón, ha sido necesario repetir algunos escaneos, ya que en alguna toma realizada desde el interior de uno de los edificios de la plaza Juan Bravo las fotos han salido quemadas, y en otro escaneo realizado en el interior del claustro a última hora de la tarde, las fotos han salido oscuras y anaranjadas a causa de la luz de las farolas del exterior. El hecho de que el sistema no deje repetir únicamente la toma de imágenes es un gran inconveniente, ya que en el caso de que alguna de las fotografías salga mal obliga a tener que repetir todo el proceso de escaneo de nuevo.

2.5 Guardar y comprobar los datos

Los programas guardan automáticamente todos los datos del escaneo en un fichero con extensión **.fls*, en la ruta que se ha especificado en los parámetros de configuración. Este fichero contiene la nube de puntos y las fotografías tomadas, en caso de haber seleccionado la opción de escaneo con color. Por lo tanto, después de que el programa indique que se ha finalizado el proceso de toma de datos faltaría comprobar que los datos se han almacenado correctamente y que el fichero generado no tiene ningún error.

Para ello, se debe descargar el fichero generado (en caso de haber guardado los datos en el disco duro del escáner), abrir el fichero con el programa *FARO Scene* y visualizar tanto la nube de puntos en 3D como las imágenes tomadas con la cámara.

2.6 Apagado del escáner

Para apagar el aparato de forma correcta es necesario deshacer el proceso de encendido llevado a cabo anteriormente. Para proceder es necesario mantener pulsado el botón de encendido durante unos segundos, lo que dará inicio al proceso de apagado de los motores y el PC interno del aparato, proceso que, al igual que en el caso del proceso de encendido, se indicará mediante los LED indicadores del proceso.



Imagen 20: Los indicadores del proceso de encendido/apagado del instrumento

③ EDICIÓN DE LOS DATOS DE CAMPO

El trabajo de edición de los datos de campo comienza con la comprobación de los ficheros de escaneos generados en campo, y acaba con la generación del modelo completo formado por todos los escaneos realizados.

En el proceso se han llevado a cabo operaciones tales como aplicar filtros de eliminación de ruido a los datos brutos, colorear y orientar las diferentes nubes de puntos y generar los ficheros correspondientes a cada uno de los elementos llevando a cabo un proceso de depuración de la nube de puntos.

Los pasos seguidos se muestran en el siguiente esquema de trabajo:

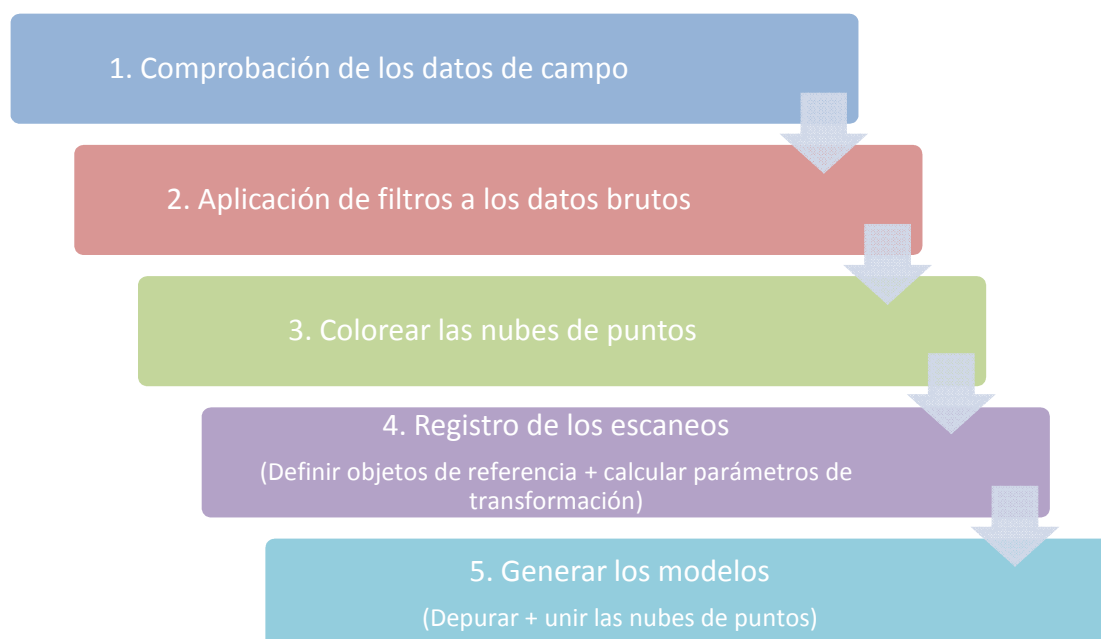


Imagen 21: esquema de trabajo seguido

El programa utilizado para llevar a cabo estas tareas ha sido el software propio del escáner, Faro Scene 4.6. A continuación se describen detalladamente los pasos seguidos en esta fase, así como unas nociones básicas sobre el funcionamiento del software utilizado.

3.0 Nociones básicas del programa FARO Scene 4.6

En este apartado se explican brevemente algunas nociones básicas sobre el funcionamiento del programa utilizado, con la finalidad de que los procesos que se explican después se comprendan correctamente.

3.0.1 El interface del programa

El interface del programa cuenta con varios apartados:

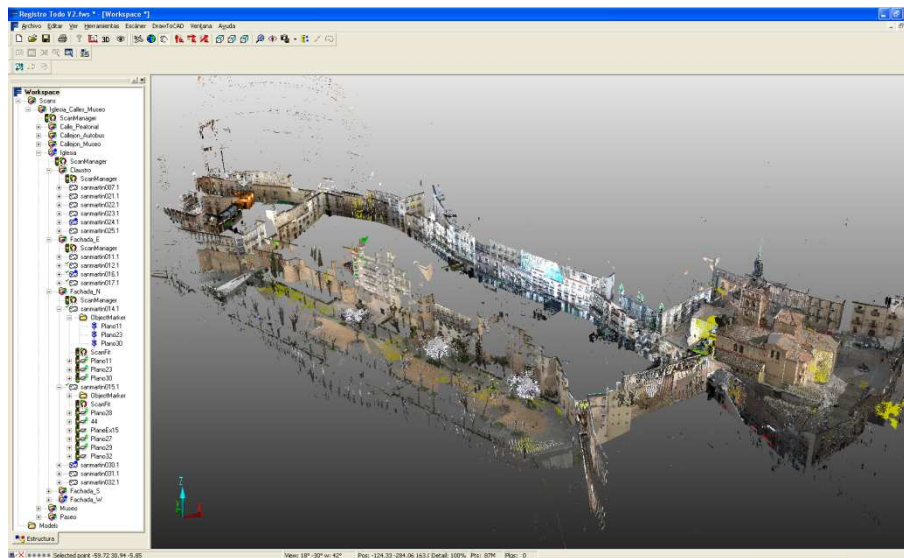


Imagen 22: el interface del programa FARO Scene 4.6

- La barra de menús: en él se encuentran todas las herramientas disponibles.
- Las barras de herramientas: con accesos directos a las herramientas más utilizadas.
- La vista de estructura del proyecto: donde se muestran los elementos, objetos, etc. que forman parte del proyecto activo.
- El visor: donde se visualizan las nubes de puntos, imágenes, etc. de diferentes formas (vista 3D, vista planar, etc.)
- La barra de estado: donde se indica el estado de la conexión del ordenador con el escáner, el estado del escáner, diferentes mensajes de información, así como información sobre el número de puntos cargados, información sobre el puntos de vista actual etc.

3.0.2 Estructura de archivos

El programa *FARO Scene* trabaja de forma que, por un lado se guardan los ficheros de escaneos y por otro los espacios de trabajo:

- Los ficheros de escaneos son los ficheros donde está almacenada toda la información acerca de los puntos medidos (su posición tridimensional, reflectancia y color) así como las fotografías tomadas, y llevan extensión **.fls*.
- Los espacios de trabajo son archivos que se guardan con extensión **.fws*, y en la carpeta donde se guarda el archivo de trabajo el programa crea una carpeta llamada *Scans*, donde guarda una copia de todos los archivos de escaneo que forman parte del espacio de trabajo. Además, un espacio de trabajo contiene todos los datos necesarios para procesar y trabajar con la nube de puntos.

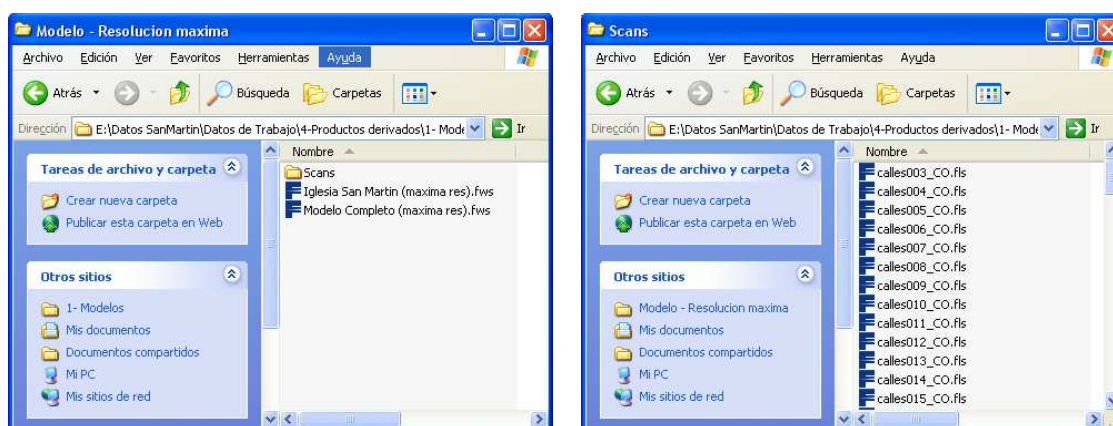


Imagen 23: Estructura de archivos que utiliza FARO Scene 4.6

3.0.3 Visualización de los escaneos

Hay diferentes formas de visualizar las nubes de puntos cargadas:

- **Vista rápida:** es una vista que permite visualizar la información de un escaneo desde el punto de vista del escáner, pero sin necesidad de cargar el escaneo. Por esta razón no se pueden realizar mediciones sobre esta vista.



Imagen 24: parte de la vista rápida de uno de los escaneos realizados

· Vista planar: el programa lo considera la vista estándar del escaneo. En ella se muestra todo el área escaneada (incluso los 360 grados del entorno), en forma de una imagen plana vista desde el punto de escaneo, así como los objetos que se hayan creado en ella. Para visualizar esta vista es necesario cargar el escaneo, por lo que es posible medir sobre ella.



Imagen 25: la vista planar de uno de los escaneos realizados

· Vista 3D: Esta vista muestra la ventana del entorno 3D donde se visualizan, como si de un entorno Cad se tratase, todos los escaneos cargados, así como los objetos que se hayan creado en ellos. En esta vista es posible navegar por la nube de puntos, y visualizarla tanto desde vista de pájaro como situarse en el lugar del escáner.



Imagen 26: la vista 3D de uno de los escaneos realizados

3.1 Comprobar los ficheros de escaneo y aplicar el filtro de eliminación de ruido

Consiste en abrir con el software propio de FARO el fichero de escaneo (*.fls) generado por el escáner, y comprobar que tanto la nube de puntos esta completa, como que las imágenes tomadas son correctas. En definitiva, consiste en comprobar que la toma de datos ha sido satisfactoria, y la información obtenida se ha almacenado correctamente.

Los errores con los que nos hemos topado en este proceso de comprobación han sido, por ejemplo:

- Que las fotos estuvieran quemadas.
- Que la información no se haya acabado de transmitir del escáner al ordenador, a causa de una interrupción de la comunicación entre ambos (suspensión del ordenador, o fallo de alguna conexión, por ejemplo), lo que genera un fichero de escaneo incompleto y que el programa no es capaz de abrir.

Al abrir el fichero de escaneo en bruto es posible configurar el programa para que aplique un primer filtro a la nube de puntos, de forma que elimine los puntos dispersos que aparecen en ella (lo que se denomina ruido del escaneo). Una vez realizada esta operación es preciso guardar la nube de puntos depurada, y generar el espacio de trabajo correspondiente al escaneo con el que se esté trabajando.

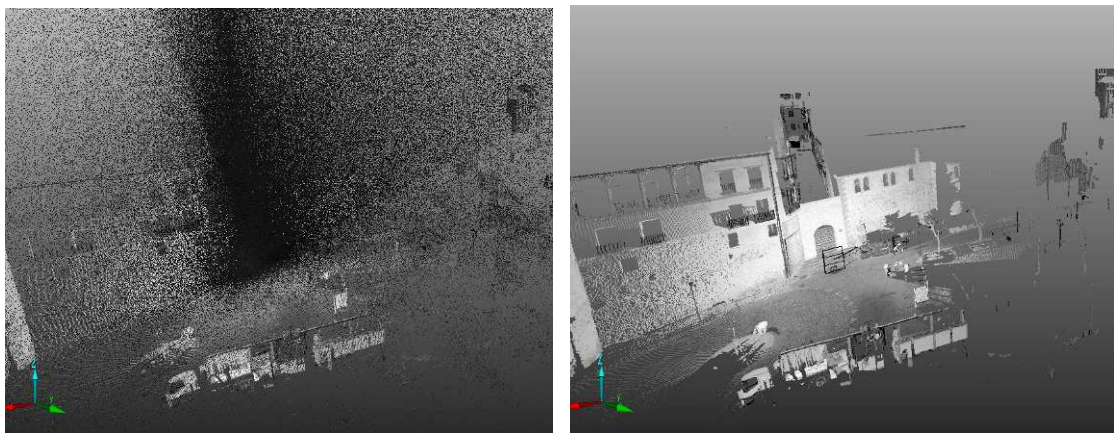


Imagen 27: vista 3D de la misma nube de puntos, con y sin ruido

A partir de este punto, es posible ir importando las siguientes nubes de puntos para llevar a cabo las comprobaciones necesarias, o ir abriéndolas en nuevos espacios de trabajo diferentes.

En nuestro caso, los ficheros de escaneo se han abierto en espacios de trabajo independientes, ya que el ordenador no contaba con suficiente memoria para poder abrir dos nubes de puntos completas de resolución 1/4 al mismo tiempo.

3.2 Colorear la nube de puntos y corregir los errores que se han ocasionado

Una vez aplicado el primer filtro se ha proseguido coloreando las nubes de puntos, aplicando para ello el color de las imágenes obtenidas mediante la cámara fotográfica a los puntos del escaneo.

El programa *FARO Scene 4.6* ofrece dos formas de colorear una nube de puntos (automático y manual), además de una herramienta para corregir los errores que puedan tener los parámetros de las imágenes tomadas automáticamente en el proceso de escaneo.

3.2.1 Aplicar las imágenes a la nube de puntos

· De forma automática: Al haber tomado las fotos desde el mismo punto de vista desde el que se ha realizado el propio escaneo y durante el mismo proceso de escaneo, el programa cuenta con los datos necesarios (como la orientación de cada imagen) para saber cómo debe proyectarlas sobre la nube de puntos asignando el color correspondiente a cada píxel. Por lo tanto, en principio, el proceso de colorear la nube de puntos utilizando las imágenes tomadas en el proceso de escaneo es un proceso totalmente automático.

Es posible aplicar todas las imágenes a la vez con la opción “*Aplicar imágenes*” en el menú del escaneo, o aplicar una sola imagen con la opción “*Aplicar imagen*” en el menú de la imagen que interese. Durante el proceso, el programa extraerá las imágenes, les corregirá la distorsión ocasionada por el objetivo de ojo de pez, y aplicará el color a los puntos. Al terminar el proceso, el resultado se muestra en la vista planar, pero se debe comprobar abriendo la vista 3D de la nube de puntos.

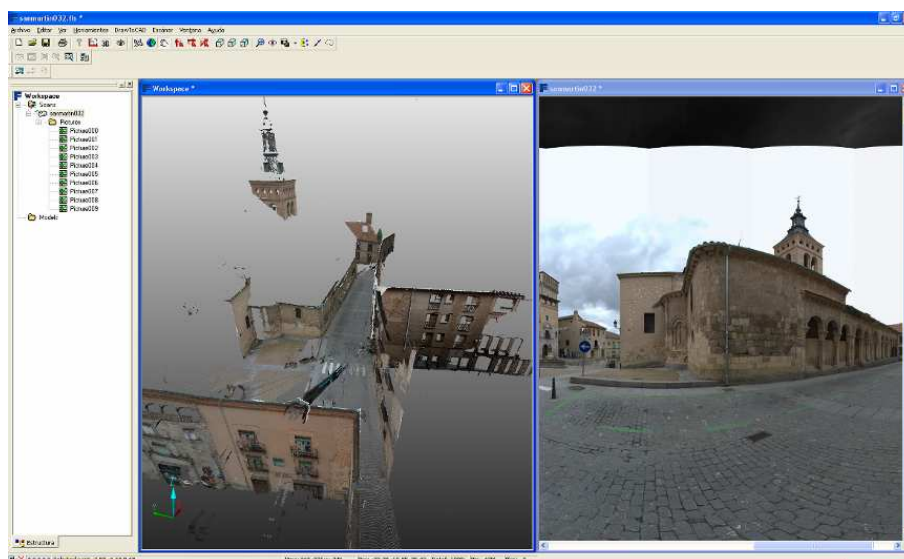


Imagen 28: vista 3D y vista planar de una nube de puntos coloreada

· De forma manual: El programa también ofrece la opción de utilizar otras imágenes que no sean las tomadas a la hora de realizar el escaneo para colorear la nube de puntos.

En este caso, al no ser conocido la geometría de la toma es necesario definir, al menos, seis puntos homólogos en la imagen y la vista planar del escaneo, de forma que el programa cuente con información suficiente para calcular los parámetros de la toma de la imagen, y pueda calcular como debe proyectarla sobre la nube de puntos para asignar a cada punto el color del pixel correspondiente en la imagen.

La herramienta para colorear el escaneo de forma manual es “Colorear escaneo”, que está disponible en el menú del escaneo.

En este proyecto los escaneos se han realizado con color, por lo que el proceso de colorear la nube de puntos se ha realizado utilizando las imágenes tomadas durante el proceso de escaneo, y por lo tanto, de forma automática.

3.2.2 Corrección horizontal de las imágenes

La mayoría de errores que han aparecido en el proceso de colorar las nubes de puntos se han dado en las esquinas verticales de las fachadas de los edificios, así como en la torre de la iglesia, y entre las tejas de la línea del alero. Además, ha habido algún caso en el que se ha “pegado” mal una de las imágenes, desplazada del sitio que le correspondía.

El programa tiene una herramienta para la corrección de este tipo de errores. La opción es la de “Ajustar ángulos de imágenes”, que se encuentra en el menú contextual del escaneo. Para llevar a cabo la corrección es necesario abrir la vista planar del escaneo, así como una de las fotografías tomadas. Colocando ambas vistas en mosaico horizontal, hay que identificar algún elemento bien definido en ambas vistas, comprobando el desfase horizontal que hay entre ambos puntos. Al realizar la operación de “Ajustar ángulos de imágenes” se corrige el desfase horizontal de todas las imágenes del escaneo, tomando como referencia el desfase indicado en el punto homólogo utilizado, por lo que es conveniente realizar esta operación con puntos situados en diferentes imágenes, comprobando el desfase que hay entre ellas en cada caso, y elegir un punto adecuado para considerar como punto de referencia.

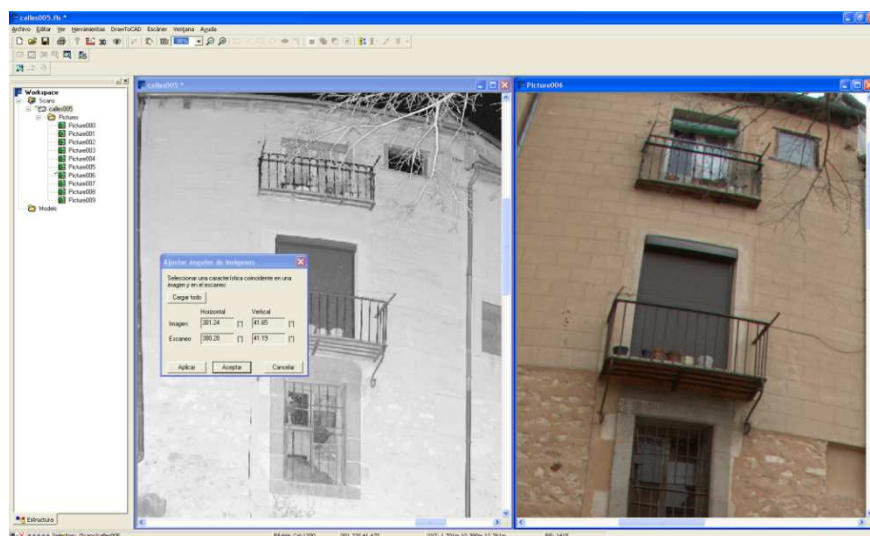


Imagen 29: la vista planar y una de las imágenes, en el proceso de corregir el desfase horizontal

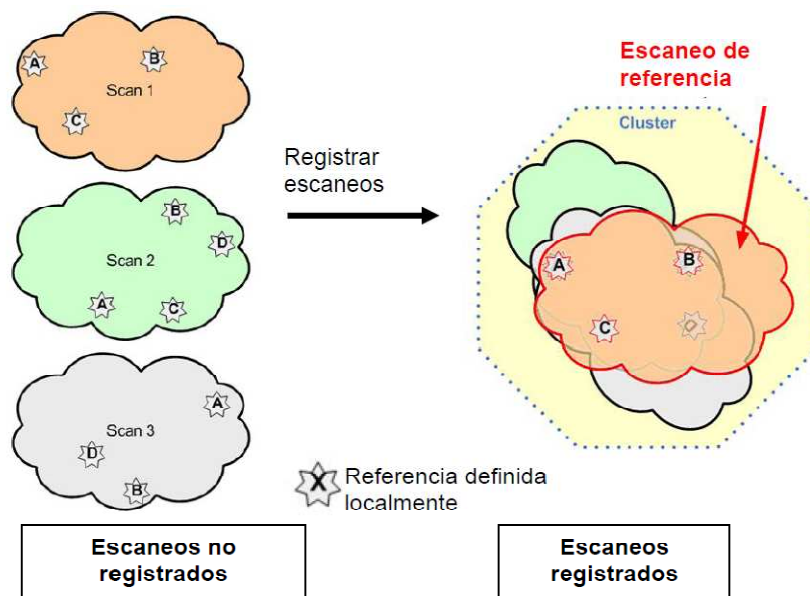
Una vez corregido el desfase horizontal hay que volver a *“Aplicar imágenes”*, para volver a colorear correctamente la nube de puntos.

En este proyecto, no siempre se ha conseguido mejorar los resultados iniciales del coloreo automático, ya que en algunos casos la aparición de cielo en las esquinas verticales de las fachadas, entre las tejas de las cubiertas o en los arcos del claustro de la iglesia se debían a que la foto estuviera un poco quemada en esos lugares.

Sin embargo, en el caso de los escaneos realizados en el Paseo del Salón, nos hemos encontrado con que todos los escaneos presentaban un error aproximado de un grado en los parámetros de las imágenes, posiblemente a causa de que el escáner no llevó a cabo correctamente el proceso de calibración, por lo que ha sido necesario corregir el desfase horizontal de todas las tomas del paseo.

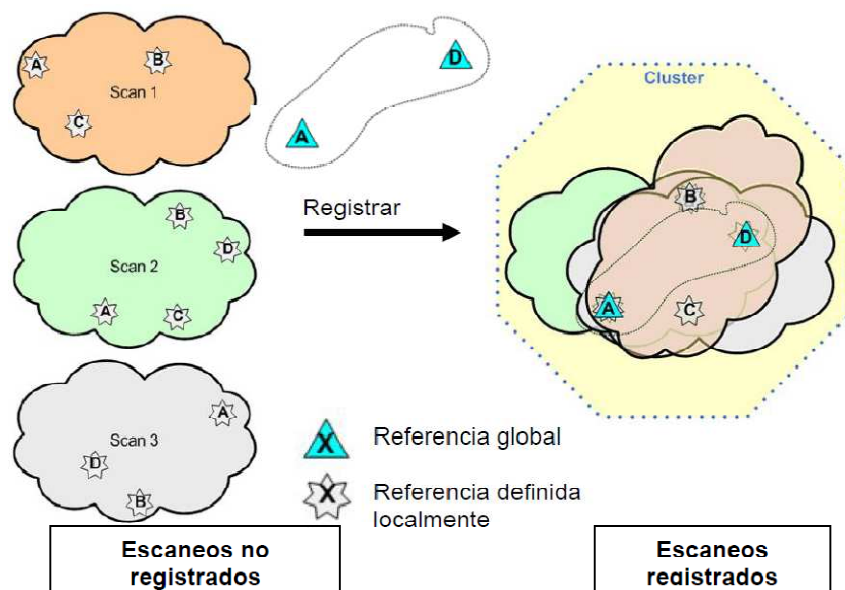
3.3 Registro de escaneos

Los puntos obtenidos en cada escaneo están referidos a un sistema de referencia local, cuyo origen se sitúa en el espejo del escáner. Por lo tanto, cuando se cuenta con más de un escaneo es necesario tomar uno de ellos como referencia y, definiendo objetos de referencia (globales o locales), referir los demás escaneos a él.

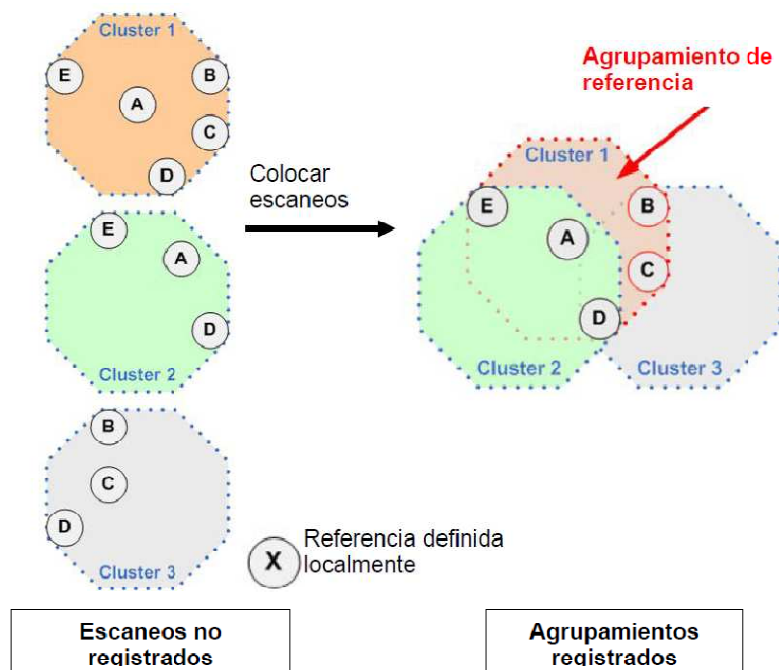


Este proceso, en el programa *FARO Scene* se denomina “Registro del escaneo”, y hay diferentes formas de llevarla a cabo:

- Registro de escaneos en pares con objetos de referencia globales: se hacen coincidir los objetos de referencia locales con los correspondientes objetos de referencia globales tanto como sea posible, de forma que cada escaneo se alinea en forma separada con las referencias globales correspondientes.



- Registro con agrupamientos: Los escaneos se pueden reunir en agrupamientos. Aquí, las referencias globales no son obligatorias. Cuando se registran escaneos de un agrupamiento (utilizando o no las referencias globales) todos los escaneos se alinean en relación con los otros escaneos del agrupamiento. El algoritmo de registro utilizado alinea los escaneos haciendo coincidir los objetos de referencia correspondientes entre sí tanto como sea posible.





Al llevar a cabo el registro de escaneos el programa calcula los parámetros de transformación (posición y rotación) de cada nube de puntos. Por lo tanto, al aplicarle los parámetros de registro calculados a una nube, lo que el programa hace es aplicar la matriz de rotación a las coordenadas de los puntos. Esto implica que si se trabaja definiendo varios niveles de agrupamientos, las matrices de rotación se van concatenando.

Para llevar a cabo el registro de nubes de puntos se han realizado los siguientes pasos:

3.3.1 Definición de objetos de referencia

Anteriormente se ha explicado que para llevar a cabo el registro de escaneos contiguos es necesario definir objetos de referencia comunes en ambas nubes de puntos. En programa *FARO Scene 4.6* ofrece tres formas diferentes para definir objetos de referencia:

- Utilizando la herramienta “Marcador de Objetos” : con esta herramienta se identifican manualmente sobre la vista planar los objetos que se desea definir como objetos de referencia, pinchando sobre ellos.

- Utilizando las herramientas de Selección : seleccionando el área donde se encuentra el objeto que se desea definir como objeto de referencia, en el menú del botón derecho del ratón se activan las opciones de coincidencia con las diferentes geometrías.

· Mediante la búsqueda automática de geometrías: en el menú contextual del escaneo hay herramientas de búsqueda de diferentes geometrías, que llevan a cabo una búsqueda en la nube de puntos localizando las geometrías especificadas automáticamente.

Para que estas herramientas funcionen correctamente, en el caso de las esferas por ejemplo, es necesario definir de antemano los parámetros del objeto. Esta opción se encuentra en *Herramientas > Opciones > Coincidencia > Parámetros para hacer coincidir con esfera*:

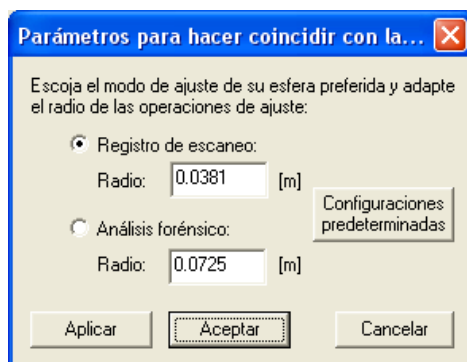


Imagen 30: la pantalla de configuración de los parámetros de las esferas

Por cada nuevo objeto de referencia definido, se crea un nuevo objeto (del tipo esfera, plano, losa o tarjeta) que aparecerá indicado en la vista de estructura del escaneo. Aquí es posible consultar las propiedades del objeto, y además aparecen indicadores del grado de satisfacción con el que se ha determinado el objeto (semáforos con su correspondiente color: verde, amarillo o rojo).

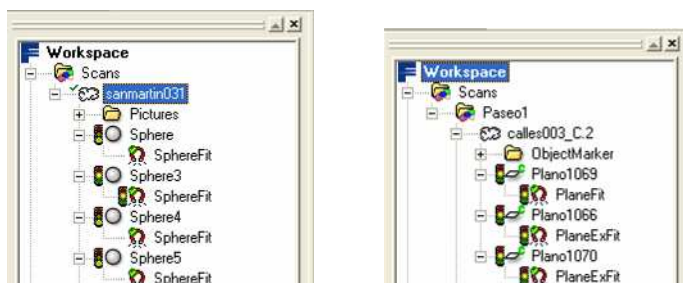


Imagen 31: los objetos creados, indicados en la vista de estructura del escaneo

Los objetos de referencia que se han utilizado en este proyecto han sido las esferas, los planos y las losas.

Las esferas utilizadas en el proceso de escaneo del exterior de la iglesia, en vez de ser las esferas propias de *Faro*, han sido esferas *Trimble*, cuyo radio es aproximadamente la mitad (0.0381m). La razón por la que se decidió utilizar estas esferas es que pesan mucho más que las esferas de *Faro*, y por lo tanto, resultaban más adecuadas para utilizarlas en sitios donde no se contará con imán para dejarlas fijas (sitios como los capiteles o los muros de la iglesia).

Debido a esto, ha habido problemas para que el software reconociera las esferas utilizadas, cuando estas se encontraban a cierta distancia del escáner (tanto en modo automático como definiendo las esferas manualmente). Ello ha implicado que en cada escaneo se detectarán únicamente una o dos, de las cuatro o cinco esferas que aparecían en los escaneos, siendo estos además diferentes en cada caso (únicamente se detectaron las esferas más cercanas y

por lo tanto mejor definidas en cada escaneo). En consecuencia, no se han podido utilizar las esferas empleadas en los escaneos del exterior de la iglesia para llevar a cabo el registro de las nubes de puntos en ninguno de los casos, y se ha optado por la utilización de planos de referencia para este fin.

En cambio, en el interior del museo se han utilizado las esferas de *Faro*, y aunque el escaneo se haya realizado con menor resolución que en el caso del exterior de la iglesia, no ha habido ningún problema a la hora de detectar las esferas, ya que en el interior, además, las distancias han sido mucho más reducidas.

3.3.2 Definición de objetos de referencia homólogos en los diferentes escaneos

Para definir objetos homólogos en más de un escaneo se recomienda proceder colocando las vistas planares de los escaneos en mosaico, para poder visualizar la información recogida en los diferentes escaneos y poder elegir, de esta forma, elementos comunes adecuados. Una vez elegido el objeto homólogo se define en los diferentes escaneos, comprobando que el ajuste del objeto es correcto en todos los casos. En caso de no ser así, se deberá eliminar el objeto creado y elegir otro elemento común para definirlo como objeto de referencia.

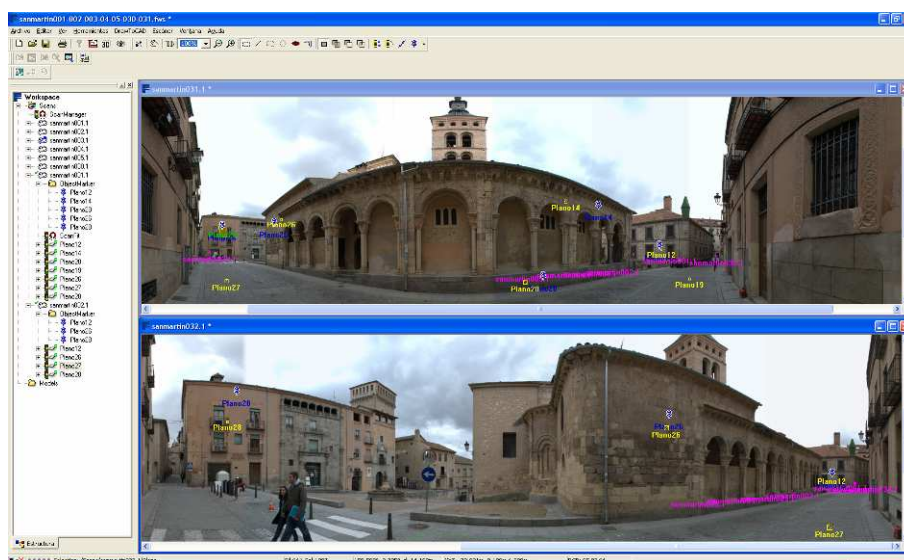


Imagen 32: las vistas planares de dos escaneos en el proceso de definición de objetos de referencia

Es importante tener en cuenta que los elementos que son homólogos en diferentes escaneos deben tener el **mismo nombre** para que el programa los considere como tal.

Además, a la hora de elegir los objetos de referencia hay que tener en cuenta que para que el programa pueda llevar a cabo el registro escaneos contiguos de forma correcta es necesario definir las referencias con una **distribución espacial adecuada**. Es decir, las referencias definidas deben estar repartidas en el área de escaneo, de forma que la mejor distribución posible sería, por ejemplo, definiendo un plano de la fachada frontal escaneada, un plano de alguna fachada de orientación perpendicular a la fachada escaneada, y el plano del suelo.

En el caso de utilizar esferas o las tarjetas de puntería, esta planificación debe realizarse en campo, distribuyendo las referencias lo mejor posible, siempre que el entorno lo permita.

3.3.3 Registro de escaneos contiguos

Una vez definidas las referencias de dos escaneos contiguos, el comando para llevar a cabo el registro de una de ellas respecto de la otra se encuentra en el menú contextual del escaneo, y es “Colocar escaneo”.

Para llevar a cabo esta acción sin utilizar referencias globales, es necesario haber definido uno de los escaneos como escaneo de referencia, opción que se encuentra en la pestaña de propiedades de la nube de puntos.

Cuando el programa realiza el registro de un escaneo añade un nuevo objeto denominado “ScanFit” en la vista de estructura del proyecto, dentro del escaneo registrado, y en él se especifica si el ajuste de la nube de puntos ha sido correcto o no. Si las referencias definidas son suficientes y su distribución adecuada, el programa alineará las dos nubes de puntos automáticamente, lo que puede comprobarse en la vista 3D.

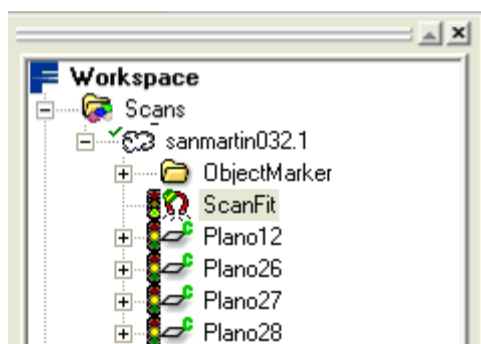


Imagen 33: el objeto ScanFit indicado en la vista de estructura del escaneo

Además, después de registrar un escaneo respecto de otro, se debe ejecutar la opción de “Colocar escaneos” en el menú contextual del espacio de trabajo, opción que llevará a cabo el registro y ajuste global de todos los escaneos del espacio de trabajo. Este paso es importante, ya que, **el hecho de que el registro individual de los escaneos contiguos, uno a uno, resulte correcto no implica que el ajuste global de todos los escaneos también lo sea**. Por ello, es recomendable comprobar el ajuste global de todos los escaneos cada vez que se registra una nueva nube de puntos.

Al ejecutar este comando se creará un nuevo objeto “ScanManager”, donde se especifica si el ajuste global de todas las nubes de puntos es correcto o no, si las referencias son suficientes y las tensiones que sufre cada uno de los objetos de referencia utilizados.

3.3.4 Registro de agrupamientos

Como ya se ha mencionado anteriormente, cuando en un proyecto se trabaja con una gran cantidad de escaneos, y varias personas procesando, puede interesar agrupar las nubes de puntos registradas, para después registrar los diferentes agrupamientos entre sí. Este ha sido el procedimiento seguido en este proyecto.

Para crear agrupamientos de escaneos se debe crear una nueva carpeta de escaneo en el espacio de trabajo (*Nuevo > Carpeta de Escaneo*), e indicar en las propiedades que se trata de una carpeta de agrupamiento. En esta carpeta se deben incluir los escaneos que se desea agrupar.

Una vez definidos más de un agrupamientos (donde los escaneos que los forman están ya registrados), es posible definir objetos de referencia para llevar a cabo el registro de los agrupamientos, de la misma forma que si se tratará de dos escaneos contiguos (también será necesario definir un agrupamiento de referencia en caso de no utilizar referencias globales). En este caso, al seleccionar la opción “Colocar escaneos” se crean varios objetos “ScanManager” que indican los parámetros de registro de los escaneos que forman cada uno de los agrupamientos, así como los parámetros del registro de los diferentes agrupamientos del espacio de trabajo.

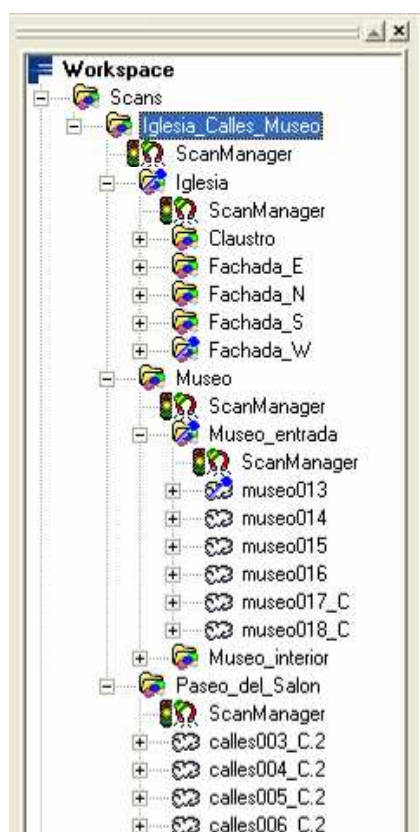


Imagen 34: ejemplos donde se muestran varios agrupamientos y los objetos ScanManager que indican los parámetros de registro de los mismos

De esta forma, es posible trabajar realizando agrupamientos y registros a diferentes niveles. La ventaja que presenta esta forma de proceder es, además de que en el proceso pueden intervenir más de una persona, que resulta más fácil localizar los errores que se hayan cometido en la definición de objetos de referencia homólogos.

En este proyecto, se han definido varios niveles de agrupamientos:

1º Nivel	2º Nivel	3º Nivel
Claustro	Iglesia	Iglesia – Calles - Museo
Fachada N		
Fachada E		
Fachada S		
Fahcada W		
-	Calle Juan Bravo	
-	Paseo del Salón	
-	Calle de la Judería	
-	Calle Puerta del Sol	
Museo Entrada	Museo	
Museo Interior		

3.3.5 Reducir las nubes de puntos

Debido a la imposibilidad de poder trabajar con la información de más de un escaneo a la vez, a causa de la falta de memoria del ordenador, para poder realizar el registro de las diferentes nubes de puntos ha sido necesario reducir el número de puntos de cada fichero de escaneo.

Para ello, en algunos casos se ha optado por hacer una copia de cada escaneo con una menor densidad de puntos, con lo que se han conseguido nubes de puntos que abarcan la misma extensión que la original, pero reduciendo el número de puntos considerablemente. En otros casos, por el contrario, se ha optado por generar copias de las nubes de puntos originales en las que se han conservado, únicamente, los puntos referentes a las esferas escaneadas a resolución completa.

· Copia del escaneo a menor resolución: Para hacer la copia de la nube de puntos a menor resolución, se debe seleccionar en la vista planar la zona de la nube de puntos que se desea copiar (en nuestro caso la nube de puntos completa). Una vez definida el área, se debe seleccionar la opción *Nuevo > Escaneo* en el menú desplegable del botón derecho del ratón, y configurar los parámetros de la copia que se desea realizar:

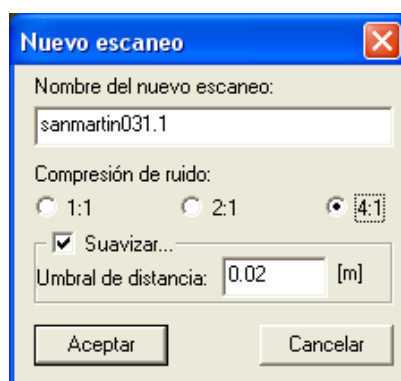


Imagen 35: pantalla de configuración de los parámetros de la copia del escaneo

Las copias de la nube de puntos se han realizado con una compresión de proporción 4:1, y estas nubes de puntos nos han ofrecido la posibilidad de unir las unas con otras para calcular los parámetros de transformación de cada una de ellas, siguiendo el proceso de registro del

escaneo explicado anteriormente. Es decir, **estas nubes de puntos reducidas se han utilizado únicamente como nubes de puntos auxiliares para el cálculo de los parámetros de transformación de las nubes originales**, de forma que los parámetros obtenidos se han aplicado después a los escaneos originales de mayor densidad de puntos.

Esta forma de proceder ha resultado ser una buena solución para el problema de la falta de memoria del ordenador en el proceso de registro de las tomas exteriores. Pero de todas formas, se debe tener en cuenta que al reducir la densidad de la nube de puntos se están eliminando puntos que servirían para definir los objetos de referencia, lo que puede provocar que los elementos (por ejemplo esferas, o incluso planos lejanos) queden indefinidos en la nueva nube de puntos. Por lo tanto, a la hora de decidir la compresión con la que se generarán las copias de las nubes de puntos originales es necesario buscar un equilibrio entre la compresión de la nube y la definición de los elementos escaneados.

· Copias de los escaneos con la información de las esferas: la utilización de escaneos que contienen únicamente información referente a las esferas para llevar a cabo el proceso de registro es posible solamente en los casos en los que en cada escaneo hay suficientes esferas para realizar el registro, sin la necesidad de definir más objetos de referencia. En este proyecto, esta condición se ha dado únicamente en los escaneos del interior del museo, donde se ha aplicado este sistema para poder llevar a cabo el registro de los diferentes escaneos.

Para generar estas nubes de puntos se ha procedido realizando, en primer lugar, una copia del escaneo completo sin reducir la densidad (esto es, con compresión 1:1), para después proceder a la eliminación de los puntos que no corresponden a las esferas seleccionándolas sobre la vista planar.

Estos escaneos, al igual que las copias generadas a menor resolución, nos han permitido unir los diferentes escaneos para poder calcular los parámetros de transformación de los mismos, que después se han aplicado a las nubes de puntos completas.

3.4 Generación del modelo

Para generar el modelo completo se han utilizado las nubes de puntos originales de máxima resolución. Por lo tanto, para poder unir las nubes de puntos y generar el modelo ha sido necesario aplicar los parámetros de transformación que se han calculado en el paso anterior a los escaneos originales. Después, una vez orientadas las nubes de puntos, se ha llevado a cabo el proceso de depurado, eliminando los puntos sobrantes de cada escaneo.

A continuación se explican más detalladamente los pasos seguidos.

3.4.1 Orientación de las nubes de puntos originales

En este paso se han aplicado los parámetros de transformación calculados para cada uno de los escaneos en el proceso de registro (con las nubes de puntos reducidas) a las nubes de puntos originales (de mayor densidad de puntos).

Los parámetros de transformación de una nube de puntos se pueden consultar y editar en el menú *Opciones* del menú de contexto del escaneo, en la pestaña *Transformación*:

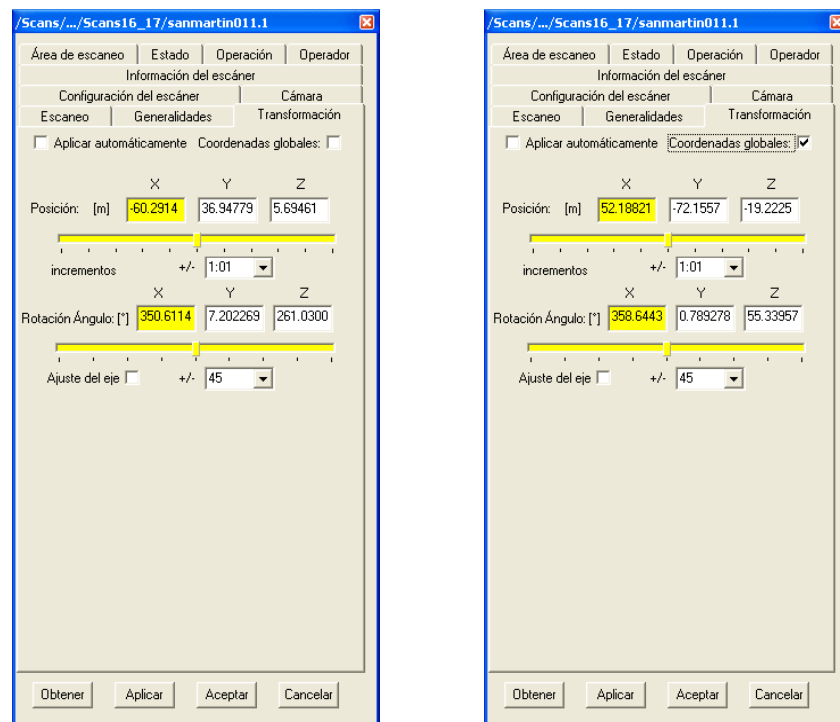


Imagen 36: los parámetros de transformación de los escaneos

Al hablar sobre los agrupamientos se ha mencionado que los parámetros de transformación se van concatenando a lo largo de los diferentes niveles de registro y agrupamiento. Al consultar los parámetros de transformación pueden consultarse los parámetros relativos (los referentes al primer nivel de registro del escaneo) o los parámetros absolutos (los referentes al agrupamiento global), seleccionando o deseleccionando la opción de “Coordenadas globales”.

Para aplicar los parámetros de transformación a las nubes de puntos originales se han copiado en una tabla de Excel los **parámetros globales** de todos los escaneos del fichero en el que se ha realizado el registro completo, y después se han abierto las nubes originales, una a una, y aplicado los parámetros.

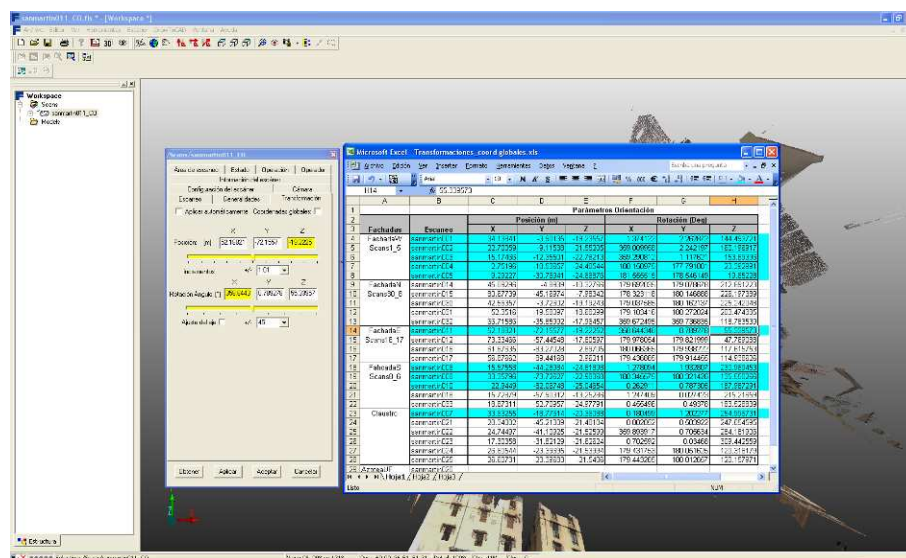


Imagen 37: el proceso de orientación de las nubes de puntos

3.4.2 Depuración de las nubes de puntos

Para generar el modelo definitivo, se ha llevado un proceso de depuración en cada nube de puntos, de forma que se han eliminado los puntos sobrantes. Esto se realiza utilizando la herramienta de selección, y dibujando el polígono que interesa en la vista 3D o la vista planar de la nube. En el menú del botón derecho del ratón están disponibles las opciones de “Eliminar selección interior” o “Eliminar selección exterior”:

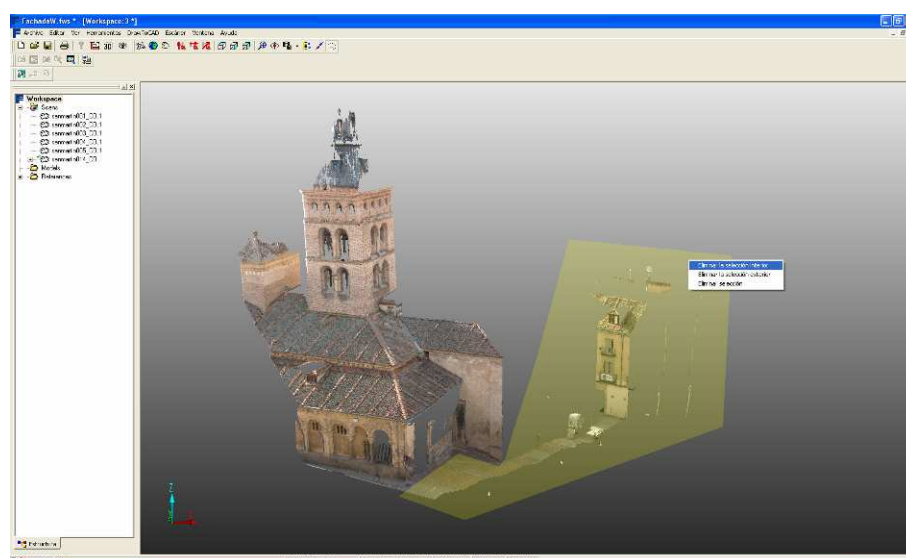


Imagen 38: eliminación de puntos del escaneo en el proceso de depuración

Para generar el modelo de la iglesia se han eliminado los puntos referentes al entorno de todos los ficheros de escaneo, así como aquellos puntos de la iglesia que se encontraban

duplicados en otro fichero en el que los puntos se hubieran medido con una geometría más favorable o más de cerca.

Por el contrario, para generar el modelo del entorno de la iglesia se han eliminado los puntos de la iglesia, así como los puntos del interior de los edificios, los puntos incorrectamente coloreados y, como en el caso de la iglesia, los puntos que se encontraban duplicados o mejor medidos desde otras estaciones (por ejemplo fachadas lejanas).

En el caso de los escaneos de las calles y el museo se ha llevado a cabo una depuración menos exhaustiva, ya que se han eliminado únicamente los puntos medidos dentro de los edificios (desde ventanas, portales o escaparates), el ruido generado y los elementos que se han medido por error (como vehículos, personas etc. con los que nos hemos encontrado en la toma de datos).

3.4.3 Generación del modelo de la iglesia y del entorno

Una vez orientadas y depuradas las nubes de puntos, como resultado de esta fase de edición, se han generado diferentes modelos en diferentes espacios de trabajo y con diferente resolución:

- Modelo de la iglesia San Martín a resolución completa: consiste en un modelo formado por 25 escaneos de entre 17 y 42 millones de puntos cada uno.

El programa *FARO Scene 4.6* no permite visualizar el modelo completo, ya que no cuenta con memoria para cargar todos los escaneos a resolución completa. Por ello se ha generado el mismo modelo pero reducido a $\frac{1}{4}$ y donde sí es posible visualizar toda la información a la vez.

- Modelo de la iglesia San Martín a resolución $\frac{1}{4}$: consiste en un modelo de unos 19 millones de puntos, formado por 25 escaneos de entre 0.2 y 3 millones de puntos cada uno, de forma que es posible visualizarlo completo:

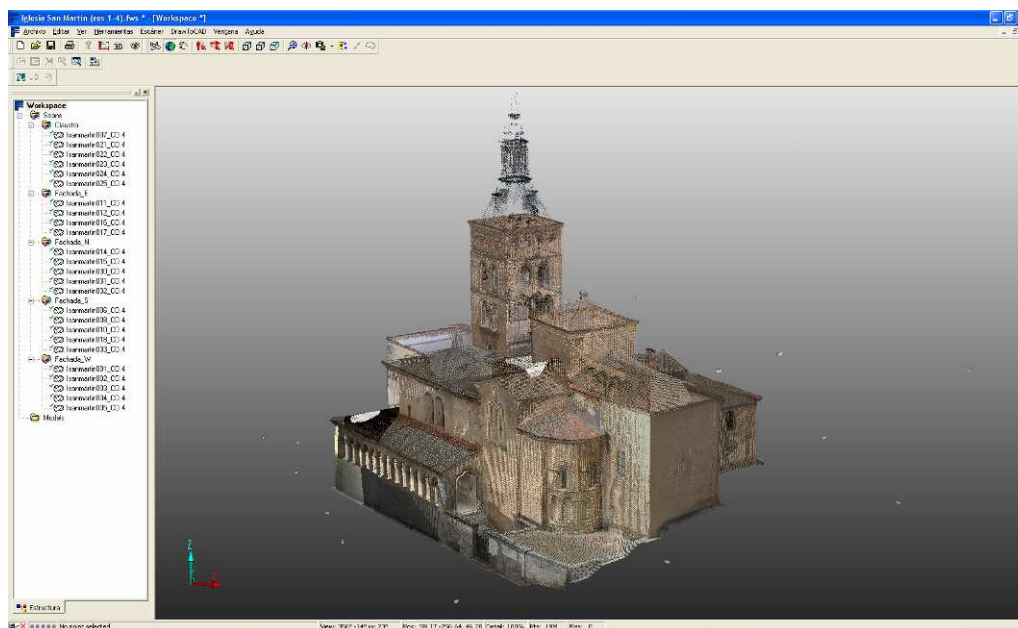


Imagen 39: vista del modelo de la iglesia, a resolución 1/4

- Modelo completo a resolución completa: consiste en un modelo formado por 84 escaneos de entre 10 y 42 millones de puntos cada uno.

Al igual que en el caso de la iglesia, el program *FARO Scene 4.6* no cuenta con memoria suficiente para cargar todas las nubes de puntos que forman el modelo a resolución completa, por lo que ha sido necesario generar el mismo modelo a menor resolución para poder visualizar el modelo completo.

- Modelo completo a resolución ¼: consiste en un modelo de unos 85 millones de puntos, formado por 84 escaneos de entre 0.5 y 3 millones de puntos cada uno, y que es posible visualizar completo con *FARO Scene 4.6*:

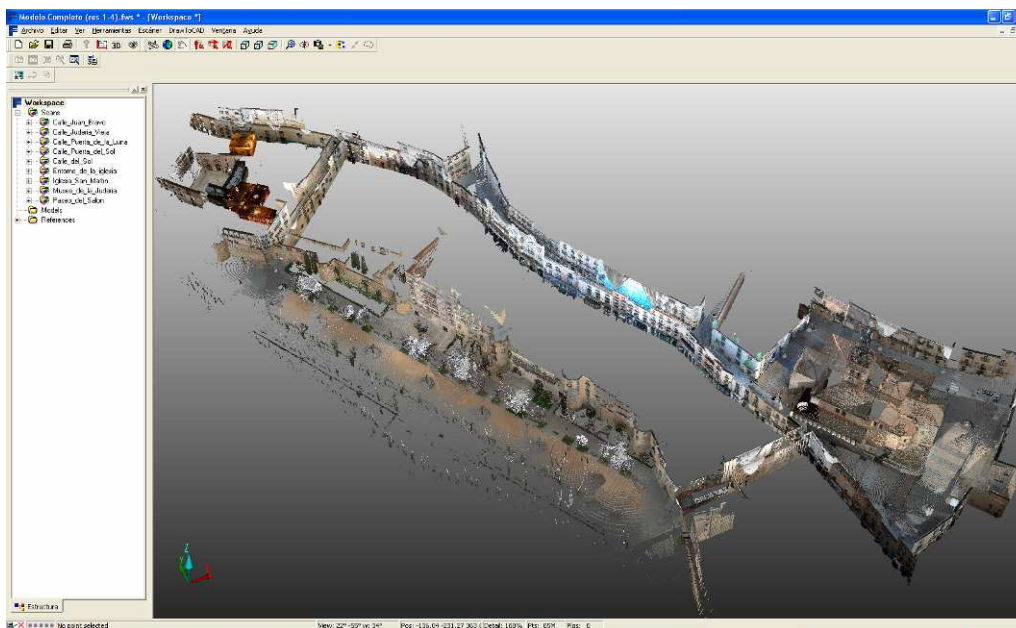


Imagen 40: vista del modelo completo, a resolución 1/4

Los diferentes modelos generados pueden consultarse en el CD incluido en el anexo digital.

④ OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS

Uno de los objetivos del proyecto consiste en analizar el proceso de generar productos derivados a partir del modelo de nube de puntos obtenido en los pasos anteriores. Es en este apartado donde se explicarán los procesos seguidos para generar los diferentes productos, entre los que se encuentra la generación de planos técnicos (plantas, alzados o secciones de un edificio), la generación de ortoimágenes o la generación de modelos sólidos, así como los resultados obtenidos para cada uno de ellos (en su caso, los resultados obtenidos con los diferentes programas disponibles para generar un mismo producto).

El esquema del procedimiento seguido para generar cada uno de los productos derivados se muestra en el apartado correspondiente.

4.1- GENERACIÓN DE PLANOS TÉCNICOS

A partir del modelo formado por las nubes de puntos se han generado planos técnicos de la Iglesia de San Martín. Estos planos técnicos consisten en **Plantas y Alzados**, generados tanto utilizando ortoimágenes como en formato vectorial.

Para determinar el mejor procedimiento para generar las ortoimágenes se han realizado diferentes pruebas con varios programas, y al final se ha determinado que los mejores resultados se han obtenido utilizando el programa *Uvacad 3.0*. Por esta razón, se ha decidido utilizar éste programa para generar las ortoimágenes, y el programa *AutoCad 2002* para vectorizar la información y diseñar los planos.

Además, como paso previo a la generación de los planos se ha definido un nuevo sistema de referencia para orientar correctamente el modelo de nube de puntos.

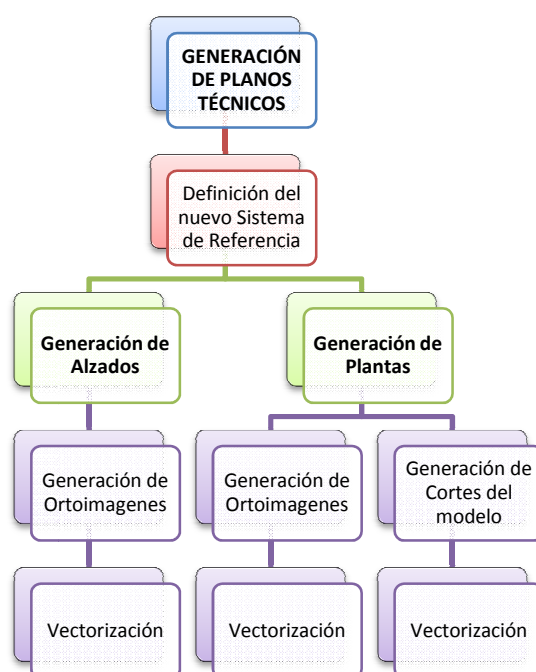


Imagen 41: esquema del proceso de generación de planos técnicos

En este apartado se describe detalladamente los procesos seguidos para generar los diferentes tipos de planos. Los resultados obtenidos pueden consultarse en el anexo digital.

4.1.1 Definición de un nuevo sistema de referencia

El modelo generado después de referenciar todos los escaneos a la nube de puntos seleccionada como referencia tiene una orientación arbitraria, que coincide con la orientación con la que se colocó el escáner en la toma de datos para realizar dicho escaneo. Debido a esto, los ejes de coordenadas X e Y del modelo generado se han quedado girados unos 45 grados (aproximadamente) respecto a los ejes X e Y de la cartografía, y las fachadas de la iglesia, por lo tanto, no coinciden con la orientación real que tienen (Norte, Sur, Este u Oeste).



Imagen 42: el modelo de nube de puntos generado después de referenciar todos los escaneos

Para generar los ortoalzados por ejemplo, es importante que los planos de referencia sean verticales para que la información proyectada en cada uno de los planos sea comparable a los demás. Además, en el caso de generar cuatro ortoalzados (correspondientes a las direcciones de los cuatro puntos cardinales) es conveniente que los planos N-S y E-W mantengan el paralelismo o la perpendicularidad entre ellas.

Para poder asegurar esta condición, se ha optado por definir un nuevo sistema de referencia que se ajuste a la geometría de la iglesia (y que por lo tanto coincide con la orientación de la cartografía), de forma que sea posible utilizar las vistas predefinidas que ofrecen los programas (de frente, atrás, derecha e izquierda) como vistas para definir los planos de proyección para generar los ortoalzados.

La definición del nuevo sistema de referencia se ha llevado a cabo utilizando el programa *RealWorks 6.5* de *Trimble*, con la herramienta de *Creación de Marcos* con la que cuenta.

Los pasos seguidos son los siguientes:

Primero se han cargado todas las nubes de puntos que forman el modelo de la iglesia, y se ha elegido el origen y las direcciones de los ejes X e Y. Utilizando la herramienta *Creación de Marcos* se ha generado el objeto de *Marco de Referencia* seleccionando el origen y la dirección del eje X gráficamente, sobre el modelo:

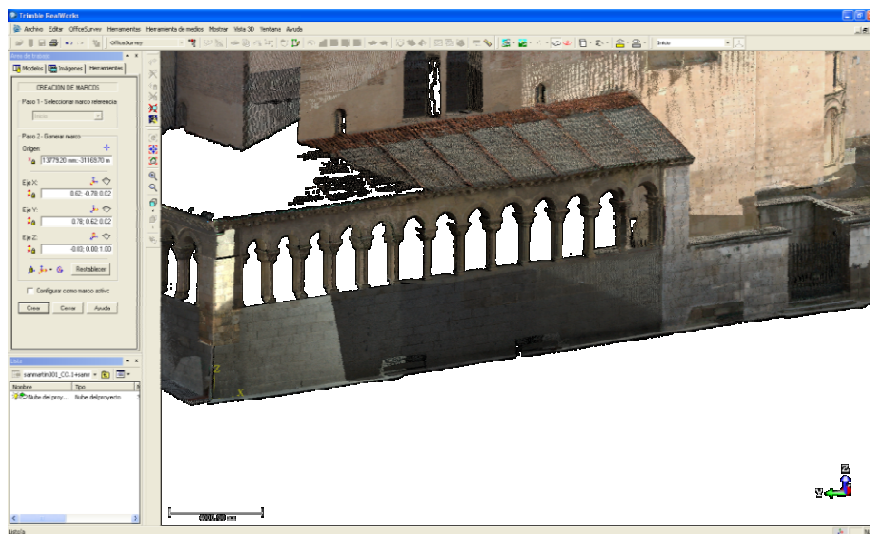


Imagen 43: origen y ejes del nuevo sistema de referencia, definidos gráficamente

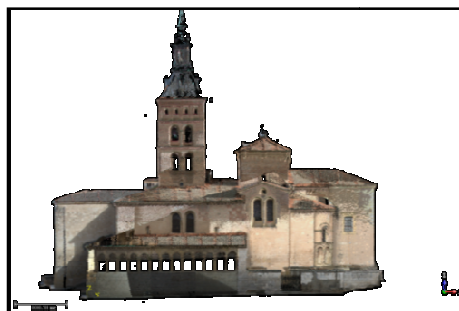
Después, se han editado manualmente los vectores que definen el eje X y el eje Y, de forma que definan un plano horizontal (Eje X: 0.61; -0.79; 0.00 / Eje Y: 0.79; 0.61; 0.00), en vez de un plano inclinado (tal y como se ha definido gráficamente), con lo que se ha conseguido que el vector que define la dirección del eje Z sea un vector totalmente vertical (0.00;0.00;1.00). Se ha configurado el marco como marco de referencia activo y se ha creado el objeto.

Con el nuevo marco activo, se han comprobado las vistas predefinidas, para comprobar que el nuevo marco generado no estuviera girado respecto del objeto, o errores similares:

Vista Superior



Vista de Frente



Vista izquierda



Vista derecha



Imagen 44: algunas de las vistas predefinidas, después de definir el nuevo sistema de referencia

Los parámetros que definen el nuevo sistema de referencia se han apuntado para después abrir todas las nubes de puntos, uno a uno individualmente, y volver a generar el mismo marco de referencia definido anteriormente, pero en vez de hacerlo gráficamente como en el caso anterior, simplemente aplicando los parámetros que lo definen.

Una vez cambiado el sistema de referencia de la nube de puntos ésta se ha exportado en formato *ASCII XYZ (*.asc)* para poder ínter operar con diferentes programas de edición de nubes de puntos. Los ficheros *ASCII* generados se han configurado de la siguiente manera para poder abrirlo, entre otros, con el programa *Uvacad 3.0*:

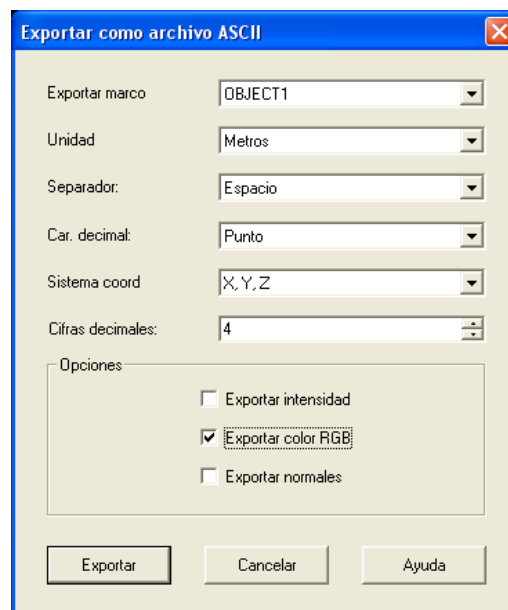


Imagen 45: configuración de los ficheros ASCII XYZ generados

4.1.2 Generación de Alzados

En el proceso de generar los Alzados de la Iglesia de San Martín se han generado dos tipos de productos diferentes: los ortoalzados y los alzados en formato vectorial.

Los ortoalzados son imágenes de las fachadas generadas a partir de la información que proporciona la nube de puntos, de forma que el producto es similar a una fotografía de la fachada completa, sin distorsiones ni perspectiva cónica. Por lo tanto, este producto permite realizar mediciones sobre la información, además de aportar la información gráfica que una fotografía aporta en cuanto a texturas.

En este proyecto se ha contado con diferentes programas que generan este tipo de productos a partir de nubes de puntos, utilizando diferentes procedimientos para ello, y por lo tanto, ha sido necesario realizar varias pruebas testeando los diferentes programas disponibles para comparar los resultados obtenidos y determinar la metodología de trabajo más adecuada para este caso.

De todas formas, los resultados obtenidos para las ortofotos no han sido totalmente satisfactorios, a causa de la poca densidad de puntos que tiene el modelo en algunos sitios lejanos a las estaciones de escaneo, como la torre de la iglesia. Por esta razón, y con la finalidad de generar productos de calidad, se ha optado por realizar una vectorización sobre las ortoimágenes generadas, para componer también planos con información vectorial.

A continuación se detalla el proceso seguido en este apartado.

4.1.2.1 Proceso de generación de ortoalzados con diferentes programas


Los programas utilizados para generar ortofotos a partir del modelo de nube de puntos de la iglesia han sido el programa *RealWorks 6.5* y el programa *Uvacad 3.0*.


Para poder trabajar con otros programas que no sean los propios de *Faro*, es necesario exportar los datos a ficheros soportados por los otros programas. Por esta razón, los datos de los escaneos que forman el modelo han sido exportados en *FARO Scene 4.6* al formato *ASCII XYZ (*.xyz)*, formato de intercambio estándar de nubes de puntos.

Estos datos se han importado tanto en *RealWorks 6.5* como en *Uvacad 3.0*, y se han seguido los pasos necesarios en cada uno de los programas para generar ortoalzados. A continuación se explican por separado los pasos seguidos en cada uno de ellos, y los resultados obtenidos.

• Generación de Ortofotos con RealWorks 6.5

Para generar el Ortoalzado de una fachada es necesario cargar todas las nubes de puntos que contienen puntos del mismo, pero algunos de estos escaneos, además de contener puntos de la fachada que interesa, tendrán puntos de otras fachadas o elementos, de forma que será necesario depurar el modelo obtenido de la unión de todas las nubes de puntos, quedándose únicamente con los puntos que forman la fachada en cuestión.

La herramienta para depurar la nube de puntos es la herramienta de *Segmentación* . Con esta herramienta se define un polígono, de forma que es posible eliminar o conservar lo que queda dentro o fuera del mismo.

Una vez depurado el modelo, para generar la ortoimagen se utiliza la herramienta de *Ortoproyección* , que se activa cuando se selecciona una nube de puntos o una malla en el menú del proyecto.

Hay varias opciones para definir el plano de proyección, que en el caso de este proyecto ha sido por vista de pantalla. Después, se define el área de interés para generar el ortoalzado, y se configuran la resolución de la imagen y el color o textura que se aplicarán:

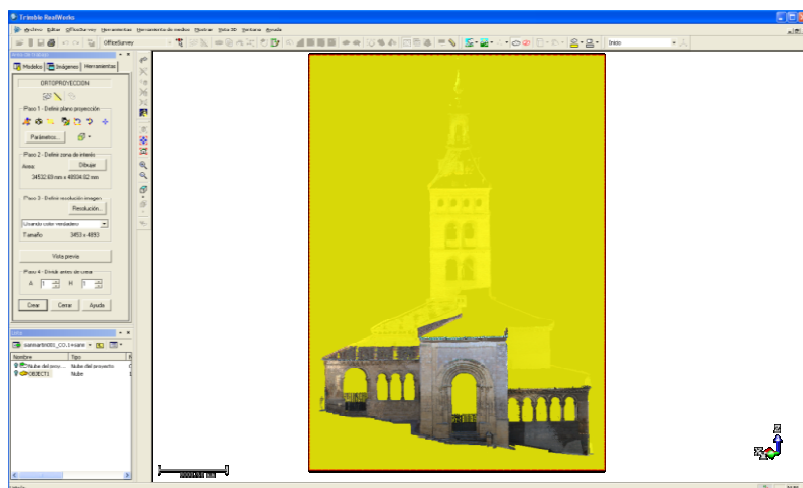



Imagen 46: generación de ortoalzos con la herramienta de Ortoproyección de RealWorks 6.5

Para generar el producto, en un primer paso se genera una vista previa, y si todo está correcto y el programa no tiene problemas de memoria, después se puede crear el objeto, que aparecerá como un nuevo objeto del tipo imagen en la vista de lista de imágenes. Este nuevo objeto se puede exportar en la opción *Exportar Ortoimagen* en el menú del botón derecho del ratón. De esta forma, se genera un fichero *TIFF* que contiene la imagen y un fichero de texto que contiene la información de georeferenciación del mismo.

• Generación de Ortofotos con UvaCad 3.0

Al igual que en el caso anterior, se deben cargar todas las nubes de puntos que tienen puntos referentes a la fachada interesada, pero después es necesario llevar a cabo una depuración de la nube de puntos formada para proceder generar el ortoalzado.

Para ello, se puede utilizar la herramienta de *Selección poligonal* . Con ella se eliminan los puntos sobrantes (con la opción "*Borrar puntos*" en el menú del botón derecho del ratón). Hay que tener en cuenta que aunque se eliminen puntos, estos siguen estando ahí, por lo que es necesario copiar los puntos necesarios en una nueva ventana, para eliminarlos del fichero totalmente, y que después no vuelva a aparecer en el ortoalzado.

Esta operación se debe repetir varias veces hasta obtener la nube de puntos bien depurada en los diferentes puntos de vista, de forma que los puntos que no pertenecen a la fachada no provoquen ruido a la hora de generar el ortoalzado.

Una vez generado el modelo de nube de puntos de la fachada correctamente depurada se coloca la vista ortogonal a la fachada. Desde este punto de vista, y utilizando la herramienta de *Selección rectangular*, se define el área en que se desea generar el ortoalzado, y con la opción *Guardar imagen como...> Guardar imagen como...* se procede a generar el ortoalzado de la fachada.

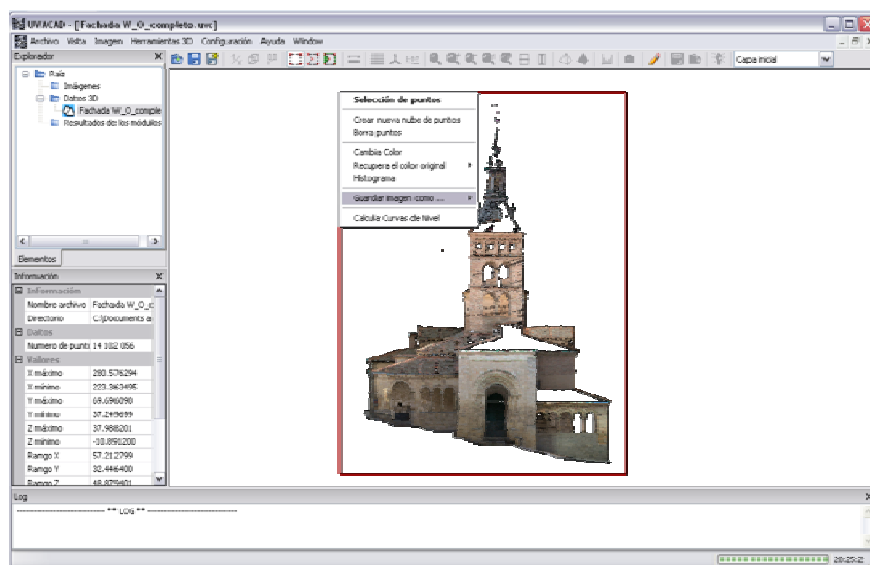


Imagen 47: generación de ortoalzos con Uvacad 3.0

Después aparece la pantalla de configuración de la imagen, en el que se especifica la resolución a la que se generará la imagen, así como si se desea aplicar la opción de “*Mejorar la imagen*” (opción que rellena los pixeles negros que quedan entre los puntos de la nube, interpolando).

Con este procedimiento, el programa genera dos ficheros: una imagen en formato *JPEG* que es la imagen propiamente dicha, y un fichero de dibujo *DXF* que contiene un marco para poder insertar la imagen georeferenciada (en el sistema de coordenadas de la nube de puntos) en *AutoCad 2002*, de forma que sobre la imagen insertada en el marco es posible llevar a cabo mediciones en unidades reales.

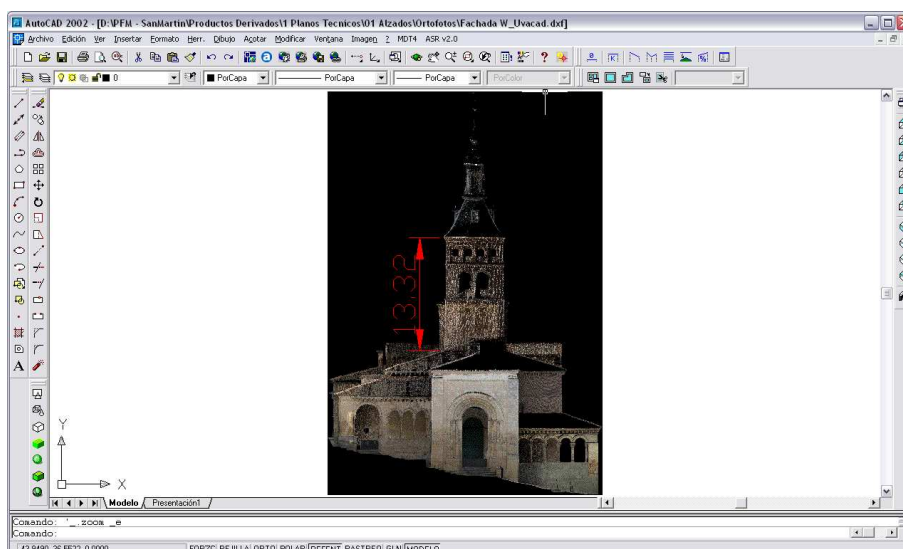




Imagen 48: el ortoalzado georeferenciado insertado en AutoCad 2002

4.1.2.2 Resultados obtenidos para las ortoimágenes con los diferentes programas

Los ortoalzados obtenidos con cada programa se muestran en la siguiente tabla comparativa:

	RealWorks 6.5	Uvacad 3.0
FACHADA OESTE		
FACHADA SUR		
FACHADA ESTE		
FACHADA NORTE		

Como puede observarse, se han obtenido mejores resultados con el programa *Uvacad 3.0* que con el programa *RealWorks 6.5*, sobre todo en zonas como la torre, donde no se cuenta con una gran densidad de puntos. Esto se debe a la opción que incorpora el programa *Uvacad 3.0* de “mejorar la imagen” generada, lo que lleva a cabo un proceso de “rellenado de píxeles sin información” mediante un procedimiento de interpolación, obteniendo así mayor definición y nitidez en la imagen generada.

4.1.2.3 Metodología utilizada para generar planos de alzados:

Por la razón mencionada en el apartado anterior, la metodología que se ha decidido emplear en este proyecto para desarrollar los planos de alzados ha sido la de utilizar el programa *Uvacad 3.0* para generar las ortoimágenes siguiendo el proceso explicado en el apartado de *Proceso de generación de ortoalzados con diferentes programas (4.1.2.1)*, y utilizar después el programa *AutoCad 2002* para llevar a cabo la vectorización de las líneas de los alzados sobre las ortoimágenes georeferenciadas y el diseño los diferentes planos.

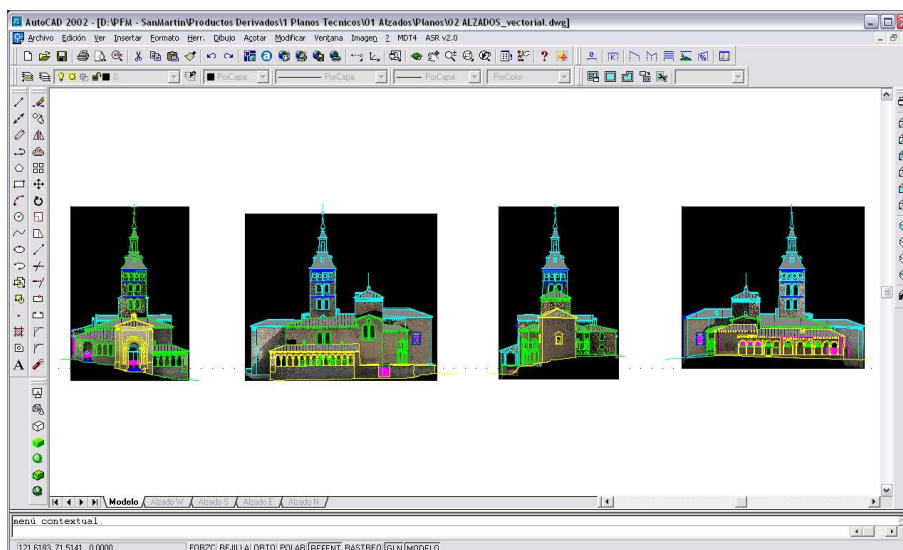


Imagen 49: la vectorización de las líneas de los alzados sobre las ortoimágenes, en AutoCad

A continuación se muestran de forma esquematizada los pasos seguidos en el proceso:

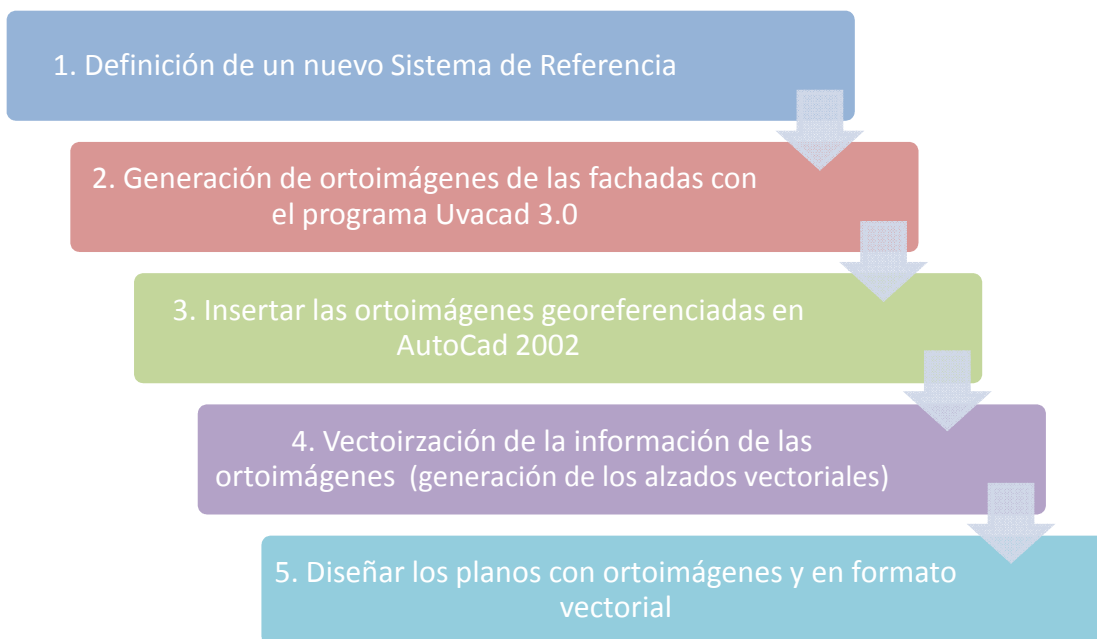


Imagen 50: esquema de trabajo seguido para generar los planos de alzados

4.1.3 Generación de Plantas

En este apartado se han generado dos planos de plantas de la Iglesia de San Martín: la planta de la iglesia y la planta de cubiertas.

La metodología utilizada para generar los dos planos ha sido diferente, dada la evidente diferencia en la información que proporcionan:

- **La planta de la iglesia:** consiste en una sección del edificio a una determinada altura, incluyendo información del exterior como del interior del edificio, y que proporciona la información de grosores de muros y distribución de los diferentes espacios que forman el edificio. Por lo tanto, la metodología seguida para generar este plano ha sido seccionando el modelo obtenido a una determinada altura en lo referente a la información del exterior con que se contaba, y completar la sección con un croquis del interior de la iglesia, que da una idea aproximada de la planta del edificio.
- **La planta de cubiertas:** esta planta incluye únicamente la información referente a las cubiertas del edificio, siendo lo importante la delimitación de la línea del alero, así como las inclinaciones que presentan los diferentes tejados que forman la cubierta del edificio. Por esta razón, la metodología utilizada para generar este plano ha sido generar una ortoimagen en vista superior de las cubiertas del edificio y proceder de la misma forma que en el caso de los alzados.

A continuación se detallan los procesos seguidos en este apartado.

4.1.3.1 Generación de la planta de la iglesia

Como ya se ha mencionado anteriormente, el proceso seguido para generar la planta de la iglesia a partir del modelo de nube de puntos del que se disponía incluye un proceso de seccionado de la nube de puntos, proceso que se ha llevado a cabo utilizando el programa *RealWorks 6.5*, para después completar la información que aporta la línea de sección con la información que se encuentra por encima y por debajo de la misma.


Además, en este proyecto no se cuenta con información del interior de la iglesia, lo que imposibilita la generación de un plano de planta del edificio completo, a lo que se le ha dado solución incluyendo esta información en forma de croquis esquematizado, información que no cuenta, en ningún caso, con valor métrico, ya que la información representada no ha sido medida.

A continuación se explica el proceso de seccionado de la nube de puntos mediante el programa *RealWorks 6.5*, y el posterior proceso seguido para generar el plano.

• Generación de Secciones con RealWorks 6.5

En primer lugar, se han cargado en un nuevo proyecto de *RealWorks 6.5* los escaneos que forman el modelo completo de la iglesia.

El programa ofrece varias opciones para realizar cortes y secciones a partir de un modelo de nubes de puntos o de mallados (*Herramienta de Plano de Corte* o *Herramienta de Curvas de Nivel*, entre otros), que se activan al seleccionar el objeto en el menú contextual del proyecto.

En el caso de este proyecto, para realizar las secciones necesarias para realizar la planta del edificio se ha utilizado la herramienta de *Plano de Corte* :

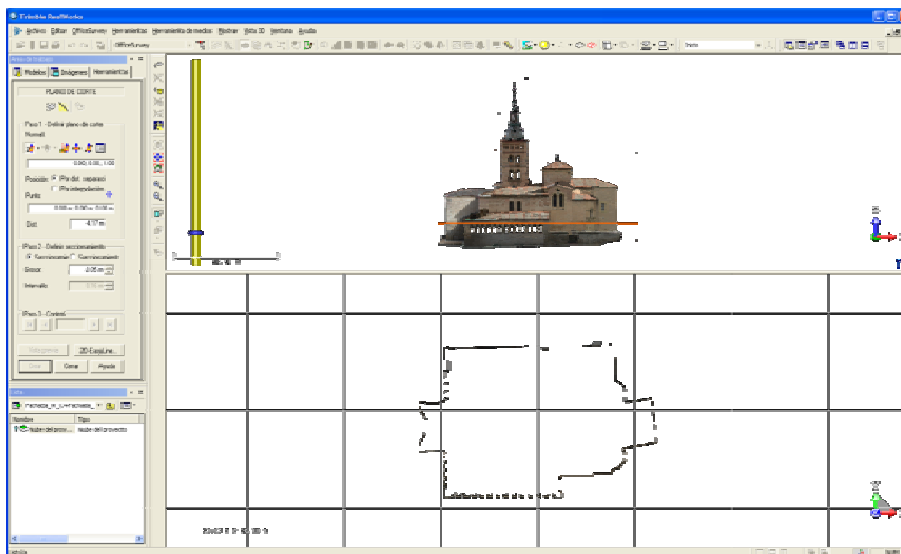


Imagen 51: sección o corte realizado con la herramienta Plano de Corte de RealWorks 6.5

Esta herramienta ofrece varias formas para realizar los cortes en el modelo, pero la funcionalidad que se ha empleado en este proyecto es el de realizar cortes cada cierta distancia, en el sentido de uno de los ejes de coordenadas, generando pequeñas nubes de puntos que contienen los puntos encontrados en la cota de seccionamiento.

Para ello, es necesario definir varios parámetros, que en este caso se han seleccionado de la siguiente forma:

- Plano de corte: en el sentido del eje Z.
- Seccionamiento: tipo de seccionamiento múltiple, con un grosor de 5 cm y un intervalo de 1m.

Una vez definidos los parámetros, es necesario generar una vista previa del resultado, que se muestra en el espacio del modelo:

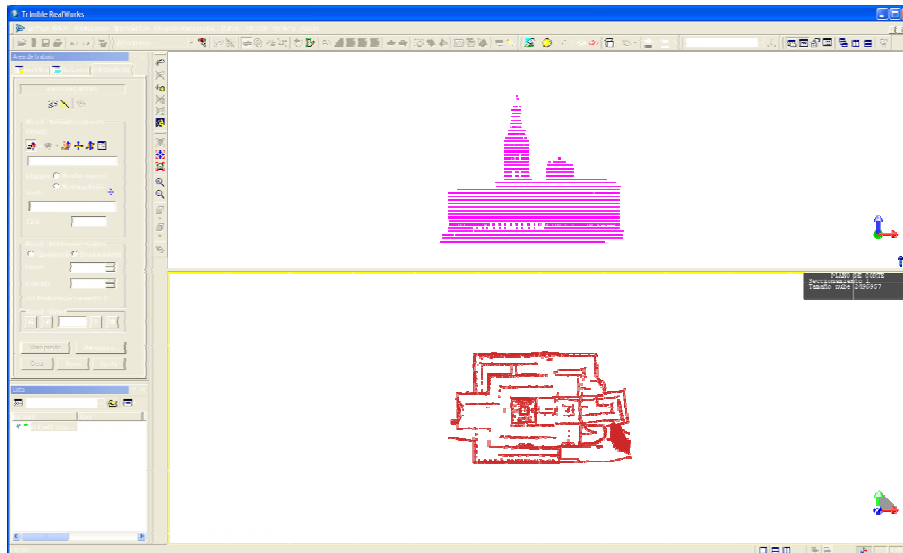


Imagen 52: secciones realizadas en el modelo de la iglesia

Además, esta herramienta permite utilizar la herramienta *2D Easy-line* para generar de forma automática las polylines que unen los puntos incluidos en cada uno de los cortes realizados. Esta herramienta cuenta, además, con opciones para editar las polylines generadas.

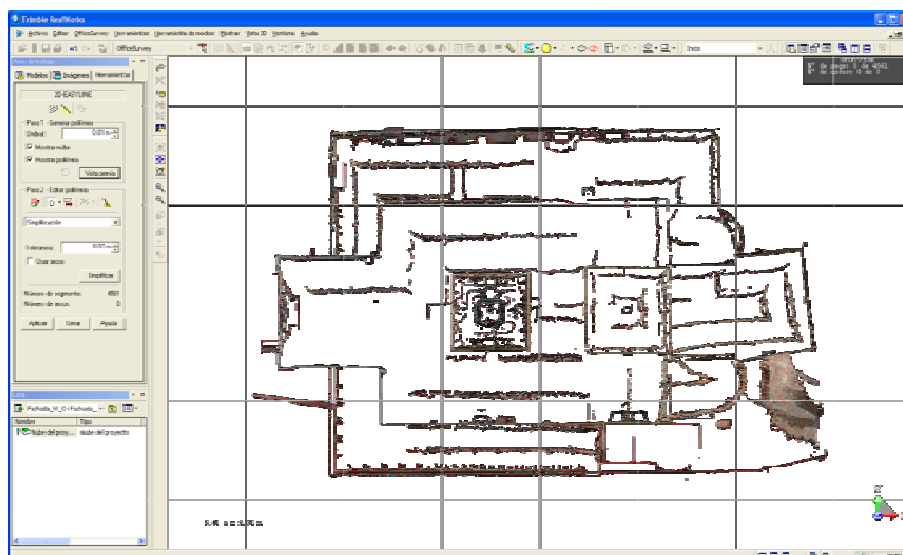


Imagen 53: polylines generadas en las secciones realizadas sobre el modelo de la iglesia

Una vez aplicados los cambios, en la herramienta de Cortes se activará la opción de crear los cortes, lo que creará un nuevo objeto que contiene las nuevas nubes de puntos y las polylines generadas. Los cortes generados pueden exportarse en diferentes formatos (entre ellos *DXF*) seleccionando el objeto y ejecutando la opción *Archivo > Exportar Selección*.

• Diseño de la planta del edificio con AutoCad

Una vez exportados los cortes realizados en el modelo en formato *DXF* es posible abrir estas pequeñas nubes de puntos y las polylines generadas con *AutoCad*, programa que permite clasificar la información en diferentes capas para gestionarla y editarla.

Lo primero que se ha hecho ha sido clasificar los cortes en capas, dependiendo de la información aportada: información de la línea de sección, información superior o información inferior. Esto permite trabajar cómodamente ocultando o visualizando únicamente la información deseada en cada momento.

De esta forma, ha sido sencillo definir las líneas exteriores de la planta de la iglesia, editando en algunos casos las polylinesas generadas con *RealWorks 6.5*, y definiendo nuevas polylinesas en caso de ser necesario con información complementaria, utilizando como información de base la información que aportan los cortes realizados.

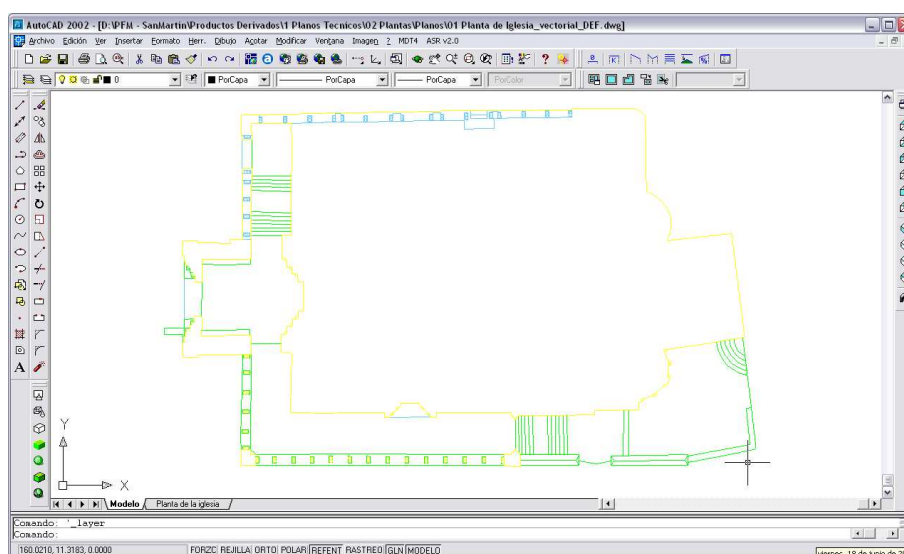


Imagen 54: las líneas exteriores de la planta de la iglesia

La mayoría de los errores que ha sido necesario corregir en las polylinesas generadas automáticamente con *RealWorks 6.5* se han concentrado en esquinas y en lugares donde hay canalones y objetos parecidos. A continuación se muestran algunos ejemplos:

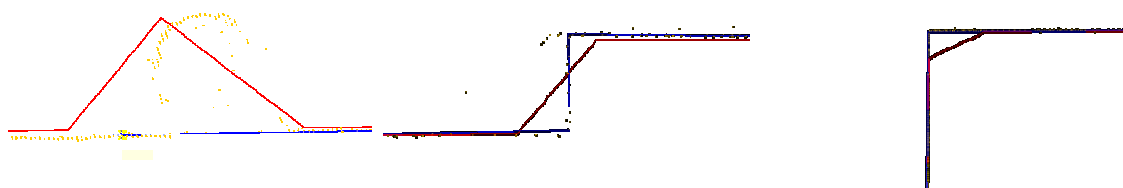


Imagen 16: ejemplos de los errores encontrados en las polylinesas generadas de forma automática

Después de definir las líneas exteriores se ha procedido a dibujar de forma esquematizada las líneas del interior de la iglesia. Para ello, se ha insertado una imagen de la planta de la iglesia en formato *JPEG* adquirida en internet. Se han llevado a cabo las operaciones de traslación, giro y cambio de escala necesarias para ajustar la imagen a las líneas exteriores de la planta, y una vez colocado en el lugar adecuado se ha procedido a vectorizar la información del interior del edificio.

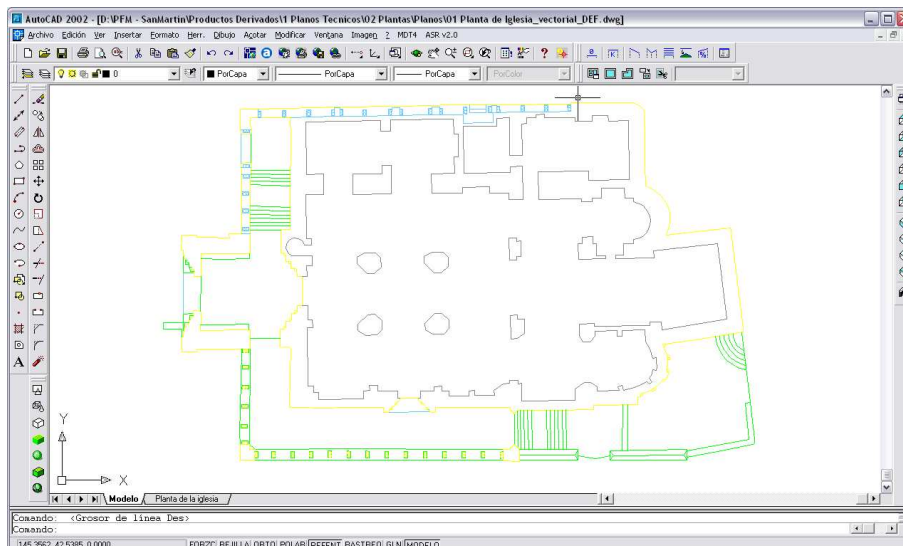


Imagen 55: las líneas del interior y del exterior de la planta de la iglesia

Después de esto, el último paso ha consistido en sombrear los muros y elementos seccionados del edificio, y terminar el plano preparando la presentación con el cajetín, la escala adecuada y toda la información necesaria de incluir.

• Resumen de la metodología seguida para generar la planta de la iglesia

La metodología aplicada para generar el plano de la iglesia se resume a continuación:

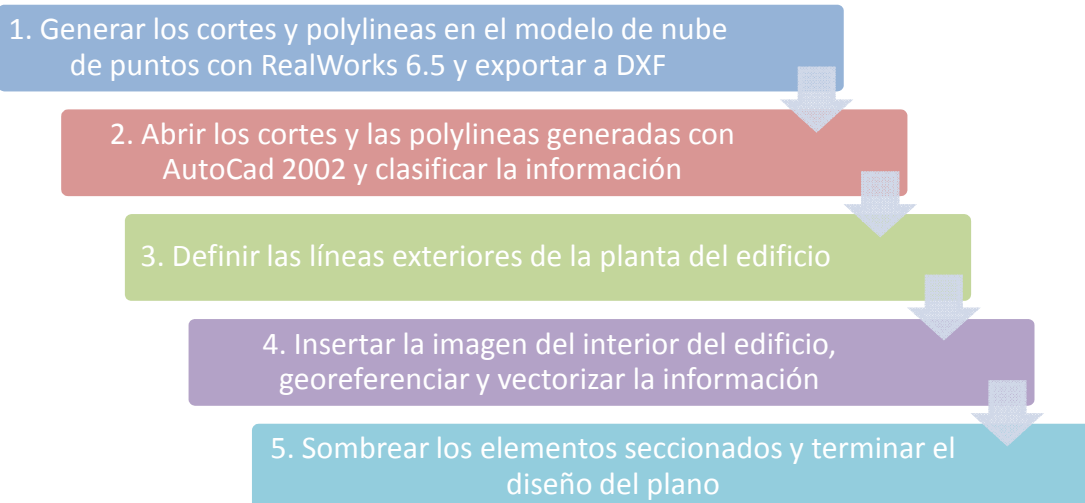


Imagen 56: esquema de trabajo seguido para generar el plano de la planta de la iglesia

Cabe mencionar que la metodología utilizada para realizar secciones del edificio sería la misma que se ha descrito anteriormente, pero en vez de utilizando el plano Z para realizar los cortes de la nube de puntos utilizando el plano X o Y, en cada caso. En este proyecto se ha optado por no generar este tipo de planos, debido a la falta de la información del interior de la iglesia.

Por otro lado, para realizar las secciones es posible utilizar tanto el modelo de nube de puntos como el modelo sólido del edificio (cuyo proceso de generación se explica en el siguiente apartado), aunque en el caso de que el primero de ellos tenga mucha densidad de puntos el resultado obtenido en la sección es el mismo (como en el caso de este proyecto).

4.1.3.2 Generación de la planta de cubiertas

Como ya se ha mencionado anteriormente, la metodología utilizada para generar la planta de cubiertas del edificio coincide con la descrita en el apartado de *Generación de Alzados (4.1.2)*. Esto se debe a que ha sido posible documentar las cubiertas del edificio casi de forma completa, gracias a los escaneos realizados desde diferentes edificios del alrededor de la iglesia.

Aunque esta no es una circunstancia que se dé normalmente en la documentación de un edificio, y por lo tanto este procedimiento no será aplicable en todos los casos, en este caso ha resultado una forma fácil y rápida de generar el plano que aporta la información de las cubiertas.

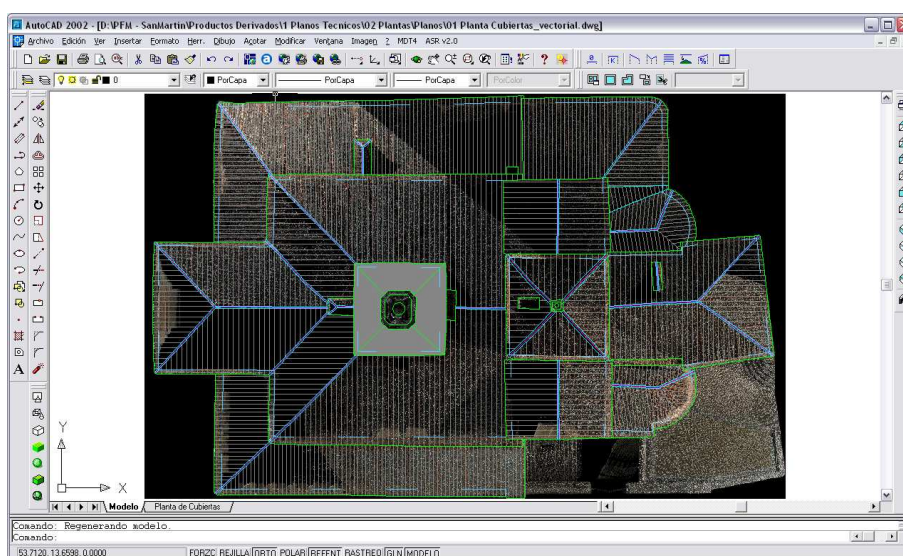


Imagen 57: la vectorización de las líneas de las cubiertas sobre la ortoimagen, en AutoCad

• Resumen de la metodología seguida para generar la planta de cubiertas

El proceso seguido se resume a continuación:

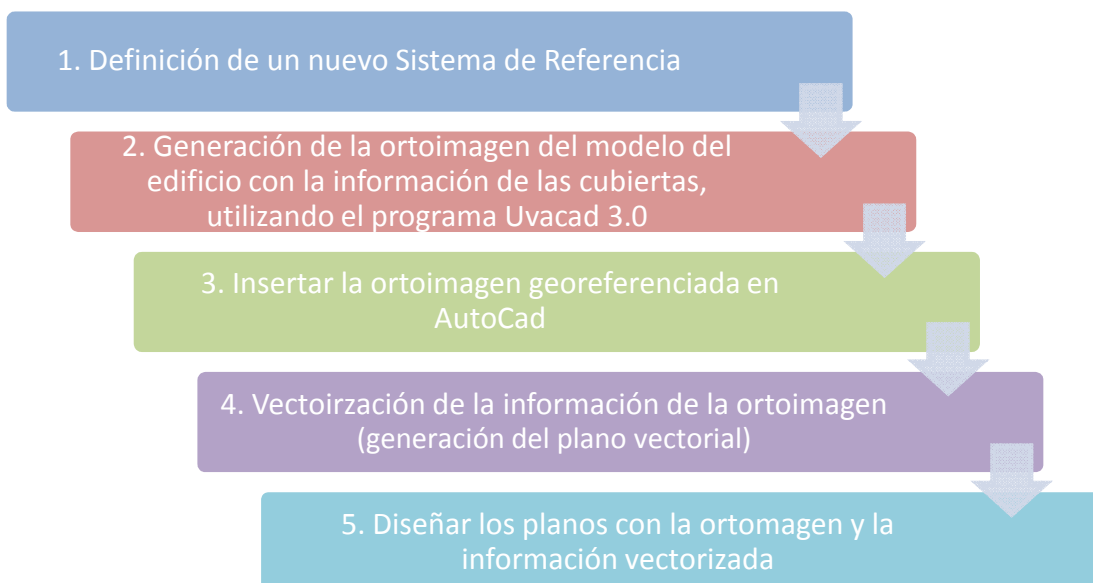


Imagen 58: esquema de trabajo seguido para generar la planta de cubiertas de la iglesia

4.2- MODELIZACIÓN

Además de generar planos técnicos, a partir del modelo formado por las nubes de puntos se ha realizado un modelado sólido de la Iglesia de San Martín mallando la nube de puntos, para lo que ha sido necesario realizar varias pruebas con los diferentes programas disponibles, y establecer con cuál de ellos se obtienen los mejores resultados para este caso.

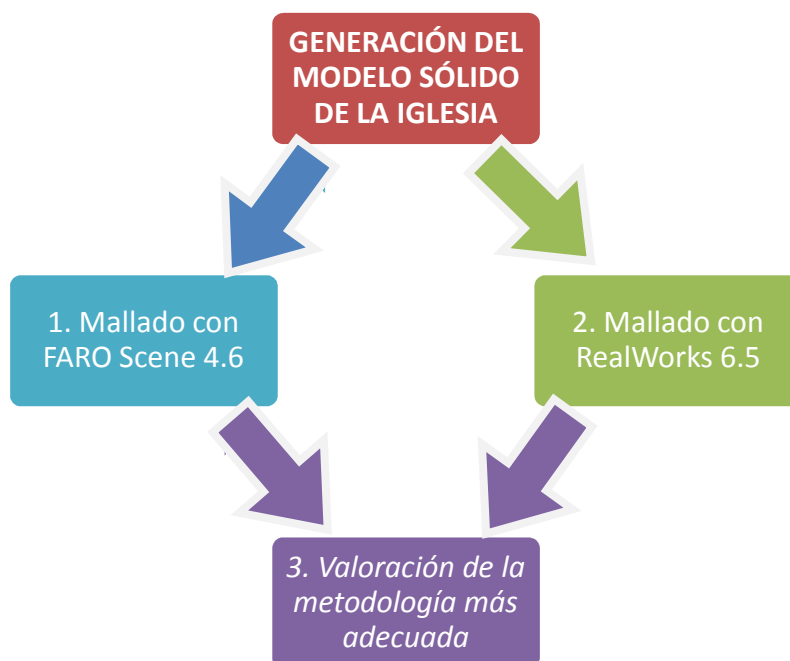


Imagen 59: proceso seguido para establecer la mejor metodología de trabajo para generar el modelo sólido de la Iglesia San Martín

Estos mallados sirven tanto para visualizar la geometría del edificio de una forma completa y desde perspectivas que no es posible tener en la realidad como para utilizarla como modelo base para realizar cortes de secciones o plantas con un modelo continuo en vez de con un modelo que aporta únicamente información puntual.

En este proyecto no se ha optado por darle al modelo sólido del edificio esta última aplicación, porque tal y como se ha mencionado anteriormente, en el caso de que el modelo de nube de puntos tenga mucha densidad de puntos, el resultado del corte realizado es prácticamente igual que al obtenido realizando la sección sobre el modelo sólido, pero evitando un paso que alarga el proceso de edición.

A continuación se explicará el proceso seguido para mallar el modelo de nube de puntos de la iglesia, y las pruebas realizadas con los diferentes programas, así como los resultados obtenidos.

El programa malla la zona seleccionada creando diferentes mallados, en función de lo que considere necesario. Las mallas pueden visualizarse en la vista 3D del espacio de trabajo, y en la vista de estructura del proyecto, dentro del escaneo en el que se ha generado el mallado, donde se crea una carpeta que contiene los diferentes mallados creados. Desde ahí las mallas se pueden activar, visualizar, etc. Las mallas creadas, por defecto, se muestran con textura.

Después es posible exportar estas mallas a los formatos: *DXF* y *VRML*. Esto puede hacerse independientemente para cada malla o grupo de mallas, desde la vista de estructura del proyecto, donde se muestra el objeto malla, con la opción *Exportar*.

• Resultado obtenido con FARO Scene 4.6

En este proyecto se ha mallado el edificio completo, creando para ello diferentes mallados en los diferentes escaneos que forman el modelo completo del edificio. El resultado obtenido ha sido bastante satisfactorio en cuanto a la geometría del mallado generado y la relación calidad-coste de tiempo del mismo.

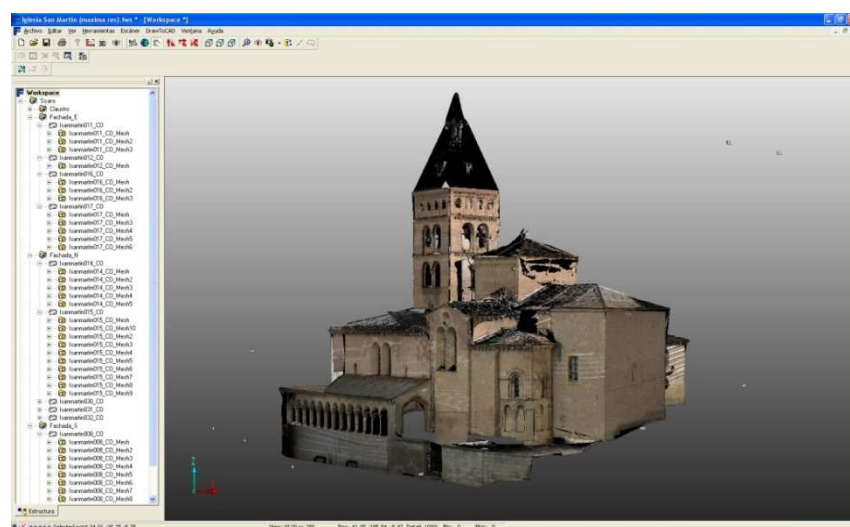



Imagen 62: vista del mallado de la iglesia generado con FARO Scene 4.6

En cambio, la textura obtenida no presenta mucha calidad, ya que parece ser que la perspectiva que tiene el elemento mallado en la geometría del escaneo afecta a la obtención del mismo a partir de la textura que tiene la nube de puntos. Por esta razón, en la textura del modelo sólido generado aparecen algunos lugares en negro o con la textura mal aplicada, a causa de la perspectiva que tienen en el escaneo:



Imagen 63: ejemplos de lugares con texturas en negro del modelo de la iglesia

• Generación de Mallados con RealWorks 6.5

El programa *RealWorks 6.5* cuenta con la herramienta *Creación de Mallas*  para generar mallados a partir de nubes de puntos, herramienta que ofrece varias opciones de trabajo:

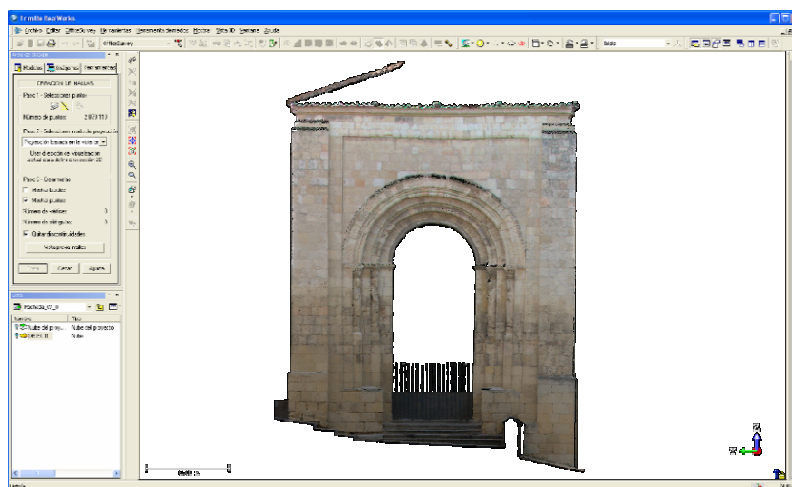



Imagen 64: el proceso de generación de mallados con RealWorks 6.5

Esta herramienta trabaja valiéndose de un modo de proyección para llevar a cabo la triangulación de la nube de puntos. Ofrece las siguientes opciones:

- Proyección basada en un plano
- Proyección basada en un cilindro
- Proyección basada en la vista de la pantalla
- Proyección basada en una estación
- Ninguna proyección

Además, el programa cuenta con la herramienta *Edición de Mallas*  para editar (depurar, suavizar, etc.) las mallas generadas, así como para asignar texturas al mallado generado a partir de fotografías.

Para poder realizar un mallado con este programa, en primer lugar ha sido necesario reducir el número de puntos del modelo realizando un muestreo al azar y manteniendo únicamente el 2% de los puntos del modelo (pasando de una nube de puntos de más de 2 millones de puntos a una nube de puntos de unos 50 mil puntos), ya que el programa no cuenta con memoria suficiente para mallar la nube de puntos con resolución completa:

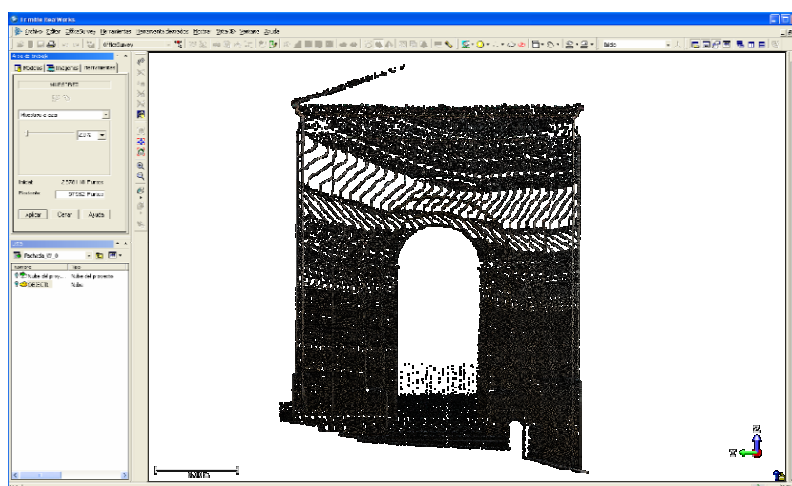


Imagen 65: la nube de puntos resultante después de aplicar el muestreo al azar del 2%

• Resultado obtenido con RealWorks 6.5

En la prueba realizada con este programa se ha creado un mallado de la entrada en la fachada oeste de la iglesia, utilizando la opción de “Proyección basada en la vista de pantalla” (el procedimiento más rápido). El resultado obtenido ha sido una malla irregular, con muchos “picos” y de mala calidad, que ha sido imposible mejorar suficientemente con la herramienta de *Edición de Mallas*.

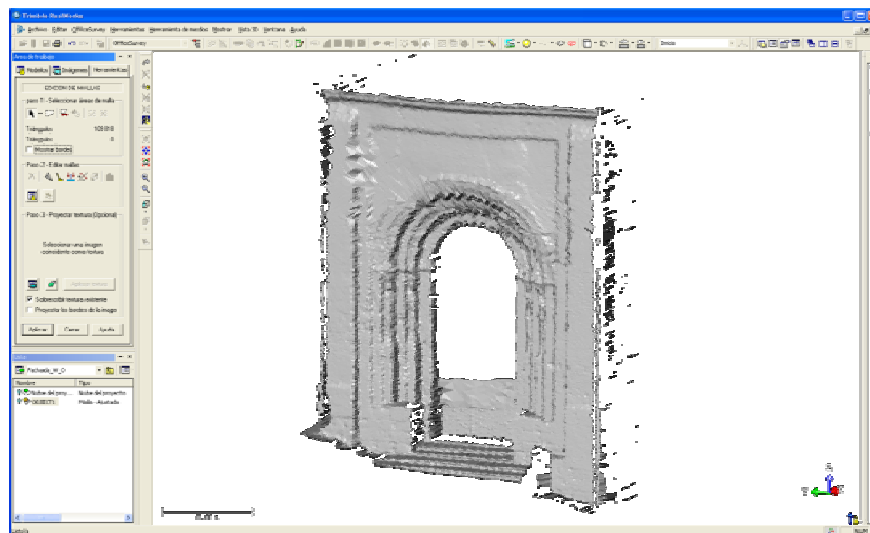


Imagen 66: vista del mallado de la puerta de la iglesia generado con RealWorks 6.5

Por esta razón, no se ha procedido a mallar el edificio completo utilizando esta herramienta, ya que el proceso resulta mucho más complejo y lento que realizar el mallado con el programa *FARO Scene 4.6* y el resultado no es mejor.

Además, hay que añadir el hecho de que para aplicar la textura a la malla creada en *RealWorks 6.5* es necesario haber rectificado antes la imagen a utilizar, lo que supone una tarea añadida más, además de un problema en nuestro caso, ya que el programa *RealWorks 6.5* no admite fotografías tomadas con objetivos de ojo de pez, y en la toma de datos de este proyecto no se contemplo la opción de hacer una toma fotográfica con un objetivo convencional, por lo que no se dispone de ese tipo de imágenes que pudieran servir para asignar textura al mallado realizado con *RealWorks 6.5*.

4.2.1.2 Metodología utilizada para generar el modelo sólido de la iglesia

Una vez valorados los resultados obtenidos en el apartado anterior, se ha determinado que la metodología más adecuada para desarrollar el trabajo de modelado de la iglesia consiste, en este caso, en utilizar el programa *FARO Scene 4.6* para mallar el modelo de nube de puntos, exportando después los resultados tanto a formato *DXF* (sin texturas) para poder gestionarlos y editarlos con otros programas, y a formato *VRML* para poder visualizar el modelo completo con sus texturas.

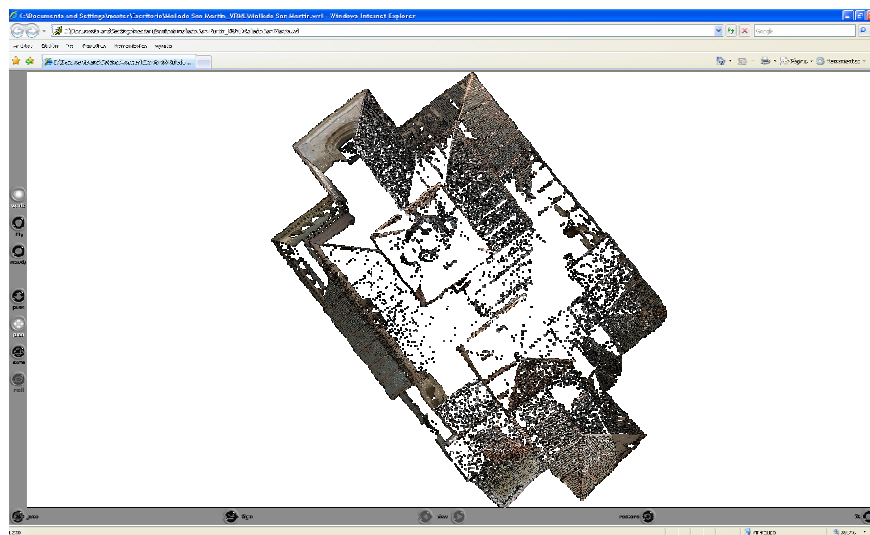


Imagen 67: el modelo de la iglesia generado con FARO Scene 4.6 y exportado a formato VRML

Los modelos creados pueden consultarse en el CD incluido en el anexo digital, mientras que el proceso seguido se muestra a continuación en forma esquematizada:

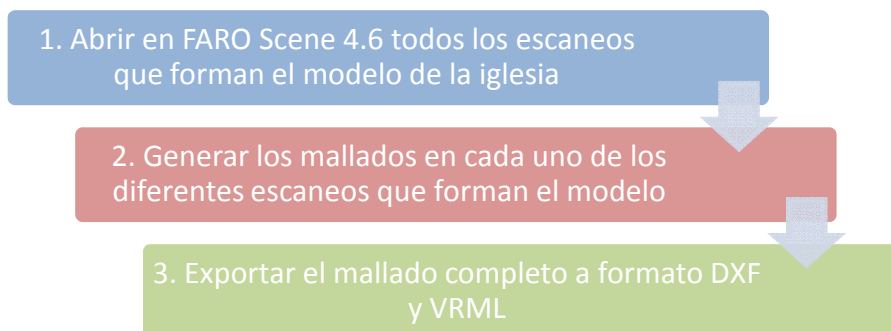


Imagen 68: el proceso seguido para generar el mallado de la iglesia

⑤ VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS Y CONCLUSIONES

En este apartado de “Valoración de los Resultados obtenidos y Conclusiones” se pretende realizar un análisis de los resultados obtenidos, valorando no solo el producto en sí, sino el proceso seguido y los recursos utilizados para ello.

Se pretende, a su vez, realizar una crítica constructiva a los procedimientos utilizados, de cara a mejorar la forma de trabajo en futuros proyectos.

5.1 Valoración de los resultados obtenidos

Para poder valorar los resultados obtenidos en este proyecto me resulta imprescindible evaluar también los procedimientos seguidos y el instrumental empleados para llegar a ellos, por lo que la valoración realizada se referirá a todos estos aspectos.

• El modelo de nube de puntos de la iglesia:

En cuanto al modelo de nube de puntos de la iglesia, aunque el modelo obtenido haya sido muy completo, incluyendo las cubiertas casi en su totalidad, debo destacar que hubiera sido posible obtener mejores resultados en el alineamiento de las tomas en caso de haber podido utilizar esferas adecuadas, en vez de llevar a cabo el procedimiento mediante planos. Además, el proceso hubiera resultado menos complicado y más rápido.

En este apartado debo realizar al equipo la crítica de no haber realizado las pruebas oportunas en lo referente a las esferas utilizadas y la configuración de parámetros de escaneo necesarias para que éstas pudieran ser detectadas correctamente por el software de *Faro*. Considero este hecho un error importante que se ha visto arrastrado a lo largo de todo el proyecto (a quedado de manifiesto al realizar las plantas y los alzados del edificio), y me gustaría remarcar la importancia de planificar correctamente el trabajo de campo para que el proyecto se realice sin contratiempos y obteniendo los resultados óptimos, facilitando el trabajo de todos.

• Las ortoimágenes de las fachadas de la iglesia:

Considero que el instrumental y la metodología utilizadas en este proyecto no son las adecuadas para generar este tipo de producto, hecho que se refleja en los resultados que se han obtenido.

El problema se encuentra en el hecho de que varias de las fachadas del edificio (como la torre o los alzados superiores de la iglesia) se han escaneado a mucha distancia, obteniendo así nubes de puntos muchísimo menos densas que las fachadas de los primeros planos. Esto se traduce en ortoimágenes con muchos “huecos” y poca información, lo que no consigue aportar la información de texturas que se espera de una fotografía de una fachada.

Una posible solución a este problema consiste en realizar escaneos parciales complementarios de las fachadas lejanas a mayor resolución, hecho que debe estar planificado en la toma de datos, y hecho que a su vez, requiere conocer de antemano la línea de trabajo que se seguirá en el proyecto.

En cualquier caso, considero que para realizar ortoalzados completos de un edificio tan complejo como lo es la Iglesia de San Martín, hoy por hoy, con los algoritmos de registro de escaneos que se han utilizado, resulta más adecuado utilizar la técnica de la rectificación fotográfica. La razón de ello es que resulta muy complicado obtener resultados suficientemente exactos en el registro de todas las nubes de puntos necesarias para documentar el edificio completo como para que esos desajustes no se vean reflejados después directamente en la calidad de las ortofotos generadas a partir de ellas.

• Planos técnicos de la iglesia:

En lo referente a la realización de planos técnicos de la iglesia (plantas, alzados y secciones), considero que el instrumental y la metodología aplicadas han funcionado muy bien, aportando productos muy completos de una forma rápida. Considero que el procedimiento es correcto y los resultados obtenidos satisfactorios.

• El modelo sólido de la iglesia:

El modelo sólido obtenido mallando el modelo de nube de puntos del edificio tiene una buena calidad geoméricamente hablando, mientras que el resultado se aleja bastante de ser bueno en cuanto a la textura.

Esto se debe a que el programa utilizado (*FARO Scene 4.6*) aplica la textura de la nube de puntos al modelo sólido generado, proceso en el que influye la geometría de las tomas y el paralelismo o la perspectiva que presenta la fachada mallada respecto al punto de vista del escáner.

Por lo tanto, para obtener mejores resultados en la textura del mallado habría sido necesario realizar los escaneos de forma frontal a la mayor cantidad posible de fachadas, y no desde las esquinas de los mismos, tal y como se ha realizado por resultar más adecuados tanto para llevar a cabo el registro de los escaneos como para documentar el edificio con el menor número posible de escaneos.

En este caso, es necesario decidir a que se le da mayor importancia o prioridad: a la obtención de una buena textura para el mallado del edificio o a la optimización de las estaciones de escaneo y, por lo tanto, el número de ficheros y el volumen de datos obtenidos en campo. Esto, evidentemente, dependerá de la finalidad del proyecto, y de la aplicación que se les dará a los productos derivados generados.

5.2 Conclusiones

Las conclusiones extraídas del trabajo realizado se presentarán separadas en dos grupos: por un lado se expondrán las conclusiones relativas al modo de trabajo seguido, y por otro las conclusiones referentes al instrumental utilizado.

• Conclusiones referentes a la metodología de trabajo seguida:

En cuanto a la metodología de trabajo seguida, debo remarcar la importancia de realizar una buena planificación de los trabajos antes de ejecutarlos para el buen funcionamiento del equipo y la obtención de resultados satisfactorios. En este caso, ha faltado contar, desde un principio, con un **Pliego de prescripciones técnicas**, necesario en todo trabajo técnico, donde se describieran los resultados buscados y las características a cumplir por los productos a entregar, hecho fundamental para un correcto desarrollo de los trabajos. Este hecho se ha traducido en unos trabajos realizados un poco “sobre la marcha”, unos resultados no siempre satisfactorios en los productos obtenidos y fases del trabajo llevadas a cabo no siempre de la mejor forma posible.

Por otro lado, y dejando de lado los contratiempos de este proyecto concreto, considero que la metodología de trabajo con un escáner láser 3D presenta muchas posibilidades y muchas líneas de aplicación, aunque también la necesidad de dedicar todavía muchas horas de investigación y trabajo.

Para documentar objetos o edificios de pequeñas dimensiones resulta una metodología fácil de aplicar, y rápida en la obtención de los productos, mientras que **la complejidad aumenta según aumenta el número de escaneos realizados** y crece el volumen de datos tomados en campo. En edificios u objetos de gran tamaño resulta **vital mantener una buena organización en los ficheros** de edición, ya que, además, el espacio requerido para el almacenamiento es muy grande.

Por último, en lo referente a la metodología de edición seguida en cada uno de las fases del proyecto ya se ha reflexionado en cada uno de los apartados de la memoria, pero como resumen, mencionar que las metodologías adecuadas y no adecuadas a destacar han sido, desde mi punto de vista, los siguientes:

METODOLOGÍAS ADECUADAS	METODOLOGÍAS NO ADECUADAS
· El proceso general seguido para la edición de los datos de campo	· El proceso de alineación de las tomas utilizando únicamente planos
· El proceso de generar planos técnicos con información vectorial	· La metodología utilizada para obtener ortoimágenes de las fachadas

• Conclusiones referentes a la utilización del Escáner FARO Photon Laser Scanner:

En este apartado me gustaría numerar las ventajas y desventajas, las aportaciones positivas y limitaciones observadas en el trabajo con el *Escáner FARO*. Se resumen en la siguiente tabla:

VENTAJAS Y APORTACIONES POSITIVAS DE TRABAJAR CON EL ESCANER FARO	DESVENTAJAS Y LIMITACIONES DE TRABAJAR CON EL ESCANER FARO
· La rapidez en la toma de datos en campo	· La obligación de sacar las fotografías en el proceso de escaneo, sin la opción de sacarlas manualmente en el momento más adecuado
· El grado de detalle alcanzado en elementos tales como muros desplomados o capiteles	· Las limitaciones de memoria del ordenador en el proceso de edición, lo que implica la utilización de máquinas muy potentes
· La cantidad de información obtenida en un espacio de tiempo reducido, incluyendo información radiométrica	· Necesidad de utilizar más de un software para obtener productos, debido a la falta de herramientas del software <i>FARO Scene</i>
· La calidad de los modelos de nube de puntos generados con el proceso de edición adecuado	· Necesidad de mucha memoria para el almacenamiento de los datos (tanto los datos brutos como procesados)
	· El coste del instrumental, tanto en la compra como en alquiler, así como de los software de procesamiento

Las ventajas de trabajar con un laser escáner resultan evidentes, sobre todo en el caso del grado de detalle y la cantidad de información obtenidas. Además, no hay más que ver el modo en el que se está introduciendo este instrumento en el mercado. Las desventajas o limitaciones, en cambio, no resultan tan evidentes hasta que uno comienza a trabajar con él.

Limitaciones especialmente importantes me parecen el hecho de no poder tomar las fotos de alguna forma manual o la necesidad de utilizar más de un software para poder generar algún producto derivado.

En lo referente a la toma de las imágenes, resulta especialmente desfavorable en caso de estar trabajando en campo, donde cambios de luz o la incursión de personas son factores difíciles de controlar, y que afectan en gran medida al resultado. Al menos, considero que el programa debería permitir llevar a cabo un proceso de edición radiométrica en las imágenes tomadas, sin perder la opción de aplicar las imágenes a la nube de puntos automáticamente.

En cuanto a la necesidad de utilizar varios programas de edición, considero una gran desventaja el hecho de que el usuario esté obligado a utilizar (y por lo tanto comprar o alquilar) el software *FARO Scene*, ya que después necesitará utilizar otro programa para generar los productos derivados que requiera el trabajo. *FARO Scene* resulta un software de paso obligado que no ofrece las herramientas necesarias para llevar a cabo un proceso completo de edición y obtención de productos que requiere un proyecto realizado con un escáner láser, ya que hoy en día una nube de puntos como producto en sí no le sirve a nadie.

⑥ BIBLIOGRAFÍA

6.1 Manuales de instrumentos y software

- FARO. *Manual de Usuario del escáner FARO Photon Laser Scanner*.
- FARO. *Manual de Usuario del software FARO Scene 4.5*.
- TRIMBLE. *Manual de Usuario del software RealWorks 6.5 (RealWorks Survey Advanced User Manual)*.
- MIREIA GORROTXATEGI ELOSEGI. *Práctica con Uvacad 3.0*. Tarea de la asignatura Procesamiento de datos laser y radar. Abril del 2010.

6.2 Páginas Web

- FARO SPAIN. Página Web Oficial de Faro en España. [En línea].]. <www.faro.com>. [Fecha de consulta: Marzo-Junio del 2010]
- TRIMBLE. Trimble RealWorks. [En línea].]. <www.trimble.com/realworks>. [Fecha de consulta: Abril del 2010]
- DPREVIEW. Digital Photography Review. [En línea].]. <www.dpreview.com>. [Fecha de consulta: Junio del 2010]

6.3 Apuntes

- GONZÁLEZ AGUILERA, Diego. *Apuntes de la asignatura de Procesamiento de datos laser y radar*. Universidad de Salamanca, Escuela Politécnica Superior de Ávila. Septiembre del 2009.
- GONZÁLEZ AGUILERA, Diego. *Guiones de los talleres de la asignatura de Procesamiento de datos laser y radar*. Universidad de Salamanca, Escuela Politécnica Superior de Ávila. Septiembre del 2009.

⑦ AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer en primer lugar a Diego González Aguilera, tutor del proyecto, el haberme seleccionado para realizar este proyecto, así como el haber asumido la responsabilidad de tutelarlo.

En segundo lugar, el agradecimiento a la Universidad de Salamanca, en especial a la Escuela Politécnica Superior de Ávila, por haber puesto a nuestra disposición tanto el instrumental como el software de procesado necesario para llevar a cabo el proyecto.

Agradecer también a la Universidad de Valladolid, en especial al grupo *LFA-DAVAP (Laboratorio de Fotogrametría Arquitectónica - Documentación, Análisis y Visualización Avanzada del Patrimonio)* el haber posibilitado la realización del proyecto, aportando la financiación necesaria para ello.

Una mención especial también para Juan Mancera, por toda la ayuda prestada en los días de trabajo de campo (y algún día más de laboratorio...), así como a Javier Contreras por haber estado allí con nosotros durante los días de la toma de datos, realizando todas las gestiones que nos han permitido realizar una toma de datos tan completa de la Iglesia de San Martín.

Por último, mil gracias a los compañeros de clase que acudisteis el primer día de la toma de datos a Segovia. Sin vuestra ayuda no habría sido posible documentar la fachada sur de la iglesia a hora punta en el centro de Segovia... Y mil gracias también a los compañeros del aula de informática del máster, por haber hecho más amenos los días de edición de datos delante del ordenador.

ANEXOS

ANEXO 1

Especificaciones técnicas del instrumental utilizado:

- El escáner FARO Photon Laser Scanner
- La cámara fotográfica digital Nikon D-200

FARO® Laser Scanner Photon 120/20



Láser Scanner 3D de cambio de fase

Crea imágenes virtuales recogiendo millones de puntos tridimensionales en un rango sin precedentes de 120m por medio de la Hipermodulación.^{1,2}

Recreación virtual 3D

Genera imágenes virtuales 3D realistas con puntos 3D.

Control de velocidad

Control de velocidad y calidad de escaneo de acuerdo con la aplicación.

Alta precisión

Error sistemático de distancia³ $\pm 2\text{mm}$ en 25m.

Mayor campo de visión

360° horizontal y 320° vertical - el mayor campo de visión del mercado.

Diseño modular

Módulos intercambiables para fácil actualización y mantenimiento.

Operabilidad sin cables

Autonomía del servidor web, registro de datos en unidad de estado sólido (SSD); control con iPod® Touch o PDA.

Montaje fácil y rápido

Fijación universal sobre trípode.

Base de alimentación (opcional)

Batería rearmable compacta de hasta 6 horas.

El Photon 120: El más veloz escaneo de largo alcance

Sistema de escaneo 3D de alta velocidad para digitalizaciones y documentación detalladas. Utilizando tecnología láser FARO Photon genera en cuestión de minutos réplicas tridimensionales con alto nivel de detalles en entornos complejos y geométricos. El Photon recrea el mundo real y lo define dentro de un espacio virtual. La imagen resultante es una colección de millones de mediciones 3D, que proporciona una representación digital precisa del modelo. Con una velocidad de escaneo de 976,000 puntos por segundo, el Photon 120 es la herramienta más eficaz para documentar en tres dimensiones. Por medio de la exclusiva técnica de Hipermodulación desarrollada por FARO, se puede duplicar la fuerza de la señal y aumentar el alcance hasta 120m.


Documentación fiable

Con el Photon puede capturar digitalmente toda la documentación requerida para ingeniería, construcción e investigación, con total lujo de detalles. Sustituye la compleja recogida de datos con cintas métricas, telémetros láser, cámaras digitales y estaciones totales que implican un esfuerzo adicional y riesgo.

Características adicionales

- ▶ Opción color para escaneos con fotografía realista en cámara de alta resolución
- ▶ Interfaz para escaneo móvil en carretera, túneles y railes con software de integración opcional
- ▶ Optimización de calidad de imagen al aire libre
- ▶ Reconocimiento automático de referencia, nombre y registro
- ▶ Representación nítida de objetos
- ▶ Hipermodulación para un mayor alcance y menor ruido

Nikon D200 digital camera specifications

Image	
Format	Interchangeable lens camera, SLR
Price (street)	
Also known as	
Release Status	Discontinued
Max resolution	3872 x 2592
Low resolution	2896 x 1944, 1936 x 1296
Image ratio w:h	3:2
Effective pixels	10.0 million
Sensor photo detectors	10.9 million
Sensor size	23.6 x 15.8 mm (3.72 cm ²)
Pixel density	2.7 MP/cm ²
Sensor type	CCD
Sensor manufacturer	Sony
ISO rating	100 - 1600 in 1, 1/2 or 1/3 EV steps (up to 3200 as boost)
Zoom wide (W)	
Zoom tele (T)	
Digital zoom	No
Image stabilization	No
Auto Focus	Nikon Multi-CAM1000
Manual Focus	Yes
Normal focus range	
Macro focus range	
White balance override	6 positions, plus manual preset and Kelvin
Aperture range	
Min shutter	30 sec
Max shutter	1/8000 sec
Built-in Flash	Yes, pop-up
Flash range	12 m
External flash	Yes, hot-shoe plus sync connector
Flash modes	Front curtain, Rear curtain, Red-Eye, Slow, Red-Eye Slow
Exposure compensation	-5 to +5 EV in 1/2 or 1/3 EV steps
Metering	3D Matrix metering II, Center weighted, Spot
Aperture priority	Yes
Shutter priority	Yes
Focal length multiplier	1.5
Lens thread	Nikkor AF / F-mount, D-Type
Continuous Drive	Yes, 5 fps, 37 JPEG / 22 RAW frames
Movie Clips	No
Remote control	Yes, Optional
Self-timer	Yes, 2 to 20 sec

Timelapse recording	Yes
Orientation sensor	Yes
Storage types	Compact Flash (Type I or II)
Storage included	None
Uncompressed format	Yes, RAW
Quality Levels	Fine, Normal, Basic
Viewfinder	Optical (Pentaprism, 95% coverage, 0.94x magnification)
LCD	2.5 "
LCD Dots	230,000
Live View	No
USB	USB 2.0 (480Mbit/sec)
HDMI	No
Wireless	No
GPS	No
Environmentally sealed	No
Battery	Nikon EN-EL3e Lithium-Ion battery
Weight (inc. batteries)	920 g (32.5 oz)
Dimensions	147 x 113 x 74 mm (5.8 x 4.5 x 2.9 in)

ANEXO 2

Anexo del contenido digital:

- Modelo de Nube de puntos de la Iglesia de San Martín
- Modelo de Nube de puntos del recorrido documentado
- Planos técnicos de la iglesia de San Martín
- Modelo sólido de la Iglesia de San Martín